



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PRODUCCIÓN DE HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE COPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL FILETEADO DEL PESCADO EN COLOMBIA

Maria Alejandra Osorio Contreras

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de
Producción Animal.

Bogotá, Colombia

2014

PRODUCCIÓN DE HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE COPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL FILETEADO DEL PESCADO EN COLOMBIA

Maria Alejandra Osorio Contreras

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de
Magister en Producción Animal

Directora:

Ph.D. Adriana Patricia Muñoz Ramírez

Línea de Investigación:

Nutrición de Peces

Grupo de Investigación:

UN-ACUICTIO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Departamento de Producción Animal

Bogotá, Colombia

2014

Agradecimientos

A Dios por estar conmigo en cada etapa de mi vida, por darme la sabiduría y el entendimiento para obrar de la mejor manera, por haber llenado mi espíritu de paz y haberme dado las fuerzas necesarias para no desfallecer durante mí caminar.

A mi madre hermosa, quien ha sido mi amiga, mi consejera, y el soporte más grande en mí vida.

A mis hermanos y a mi padre, por estar conmigo, por su apoyo, su confianza y su amor incondicional.

A la profesora Adriana Patricia Muñoz Ramírez y al profesor Gustavo Álvaro Wills Franco, quienes me han acompañado sabiamente en estos años de vida, y de quienes he aprendido a ser una mejor persona y profesional una cada día.

A la Dirección de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (DIB) por el apoyo financiero para la ejecución de la investigación.

A Colciencias y al Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”, por el apoyo económico para el desarrollo del proyecto de investigación.

A la Profesora Nhora María Martínez Rueda, por su acompañamiento en el manejo de los datos y asesoría estadística.

A los integrantes del grupo de investigación UN-ACUICTIO por su apoyo y colaboración en el desarrollo de las actividades de investigación.

Resumen

Harinas de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* y trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* fueron elaboradas a partir del proceso de peces cultivados en jaula y en estanques ubicados en los Departamentos de Boyacá, Antioquia y Huila, Colombia. Fueron realizados análisis para caracterización fisicoquímica y microbiológica y perfil de ácidos grasos, de la materia prima y harinas. Adicionalmente fueron determinados contenidos de metales pesados y vida útil de las harinas de coproductos de peces cultivados en represa. Fue encontrado que los coproductos y las harinas estudiadas son recursos alimenticios de buen rendimiento en producción, con adecuada composición nutricional, buen perfil de ácidos grasos e inocuidad microbiológica; sin embargo, su incorporación en dietas para humanos o animales debe ser realizada con harinas recién elaboradas pues se encontró evidencia de disminución de su calidad durante el almacenamiento.

Palabras clave: caracterización, composición, coproducto, harina, *Oncorhynchus mykiss*, *Oreochromis niloticus*

Abstract

Byproduct meals from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were produced from fish raised in cages or ponds. The coproducts were from the fillet industry located in the departments of Boyaca, Huila and Antioquia, Colombia. Physicochemical, microbiological characteristics and fatty acids profile were analyzed in raw materials and meals. Heavy metals content and shelf-life were determined in meals coproducts of fish produced in ponds. It was found that frozen coproducts and their meals had an adequate nutritional composition, good fatty acids profile and microbiological quality. Cadmium, mercury and lead content were lower than codex restrictions in fish. However inclusion of coproducts meals in diets for humans or animals must be process with freshly material because there was evidence of decrease in quality during storage.

Keywords: characterization, composition, byproducts, meals, *Oncorhynchus mykiss*, *Oreochromis niloticus*

Contenido

1. Capítulo 1: Coproductos de la industria acuícola y sus potenciales usos en alimentación humana o animal.	5
1.1. Resumen.....	5
1.2. Abstract.....	6
1.3. Introducción.....	6
1.4. La industria acuícola	8
Coproductos generados de la industria acuícola	8
Composición nutricional	10
Datos de producción de coproductos en Colombia	12
1.5. Utilización de coproductos de la industria acuícola para alimentación animal....	16
Aceite de pescado.....	20
Harina de pescado de peces marinos o forrajeros (enteros)	20
Harina de pescado de coproductos.....	21
Ensilado de pescado.....	21
1.6. Utilización de los coproductos de la industria acuícola para alimentación humana	22
Carne Mecánicamente separada.....	26
Surimi	26
Aceite de pescado.....	26
Utilización de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en galletas de sal para consumo humano	27
1.7. Conclusiones.....	27
1.8. Bibliografía.....	28
2. Capítulo 2: Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia Nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) y trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en Colombia...	33
2.1. Resumen.....	33

X	Producción de harinas obtenidas a partir de coproductos de la industria del fileteado del pescado en Colombia	
2.2.	Abstract	34
2.3.	Introducción	34
2.4.	Materiales y métodos	36
	Muestreo de coproductos	36
	Preparación y acondicionamiento de las muestras de coproductos	37
	Análisis químicos	37
	Análisis microbiológicos	38
	Análisis de los datos	38
2.5.	Resultados y discusión	39
	Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de tilapia nilótica	39
	Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de trucha arcoíris	42
	Perfil de ácidos grasos (AG) de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica	45
	Perfil de ácidos grasos (AG) de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris	46
	Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris	48
2.6.	Conclusiones	50
2.7.	Agradecimientos	51
2.8.	Referencias	51
3.	Capítulo 3: Obtención, caracterización y vida útil de harinas de coproductos de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) y trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	55
3.1.	Resumen	55
3.2.	Abstract	56
3.3.	Introducción	56
3.4.	Materiales y métodos	58
	Proceso de secado y rendimientos obtenido de harina de coproductos	58
	Análisis de composición química de las harinas	60
	Perfil de ácidos grasos de las harinas	61
	Metales pesados de las harinas	61
	Evaluación físico-química o de vida útil de las harinas	62

Análisis microbiológicos de las harinas	62
Análisis de datos	62
3.5. Resultados y discusión.....	63
Rendimiento del proceso de secado	63
Composición química de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris.....	65
Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en jaulas flotantes	68
Metales Pesados de las harinas	70
Valores de acidez en harinas de coproductos de la industria acuícola	71
Valores de BNVT en harinas de coproductos de la industria acuícola.....	73
Valores de peróxidos en harinas de coproductos de la industria acuícola	75
Valores de TBA en harinas de coproductos de la industria acuícola.....	77
Evaluación microbiológica de las harinas.	79
3.6. Conclusiones.....	83
3.7. Referencias	84
4. Discusión, Conclusiones y recomendaciones.....	91
4.1. Discusión y Conclusiones	91
4.2. Recomendaciones.....	92
A. Anexo A.: Normas para autores de la Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia	95

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Flujo del procesamiento de pescado, indicando procesos, productos, coproductos y residuos generados.	9
Figura 1-2: Principales coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica.	13
Figura 1-3: Principales coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris.	14
Figura 1-4: Variación del precio de la harina de pescado peruana (65% PC) entre agosto 2009- mayo 2014	21
Figura 3-1: Proceso de secado de coproductos de la industria acuícola de trucha arcoíris y tilapia nilótica.	59
Figura 3-2: Índice de acidez en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (AR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	72
Figura 3-3: El índice de acidez en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	72
Figura 3-4: Contenido de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT) en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	74
Figura 3-5: Contenido de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	74

Figura 3-6:	Contenido de peróxidos en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	76
Figura 3-7:	Contenido de peróxidos en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	76
Figura 3-8:	Contenido de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	78
Figura 3-9:	Contenido de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).	78
Figura3-10:	NMP/g de coliformes totales en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.	80
Figura 3-11:	NMP/g de coliformes fecales en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.	81
Figura 3-12:	UFC/g de mesófilos aerobios en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.	82

-
- Figura 3-13:** Recuento de mohos y levaduras en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica. 83

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Composición química de coproductos del fileteado de la tilapia	11
Tabla 1-2: Volúmenes de producción estimada (t) de filetes, coproductos y residuos de 10 empresas exportadoras en Colombia.	15
Tabla 1-3: Volúmenes de procesamiento de pescado (t/mes), generación de coproductos (% t/mes) y precio de referencia de 4 empresas procesadoras de pescado en Colombia.	16
Tabla 1-4: Utilización de coproductos de la industria del fileteado de pescado para alimentación animal.	17
Tabla 1-5: Utilización de coproductos de la industria del fileteado de pescado para alimentación humana.	24
Tabla 2-1: Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).	40
Tabla 2-2: Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento).	43
Tabla 2-3: Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).	45
Tabla 2-4: Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento), expresados como porcentaje de cada ácido graso, frente al total de AG identificados.	47
Tabla 2-5: Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (jaulas flotantes, estanques en tierra y taques de concreto).	49
Tabla 3-1: Rendimientos del proceso de secado de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra.	64
Tabla 3-2: Rendimientos del proceso de secado de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra.	64

Tabla 3-3:	Composición química ($\mu \pm DS$) de harinas de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra (expresado como alimento).	66
Tabla 3-4:	Composición química ($\mu \pm DS$) de harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra (expresado como alimento).	66
Tabla 3-5:	Perfil de ácidos grasos de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes (expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados).	68
Tabla 3-6:	Contenido de metales pesados en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (AR) y tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes.	70

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
AG	Ácidos grasos
AGM	Ácidos Grasos Monoinsaturados
AGS	Ácidos Grasos Saturados
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
API	Ácidos Grasos Poliinsaturados
AUNAP	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca
BHT	Butilhidroxitolueno
BNVT	Bases nitrogenadas Volátiles Totales
C	Cis
Ca	Calcio
Cd	Cadmio
CDA	Coeficiente de Digestibilidad Aparente
CMS	Carne Mecánicamente Separada
CTJ	Carne mecánicamente separada de tilapia proveniente del sistema de cultivo en Jaulas flotantes
Cz	Cenizas
DHA	Ácidos graso docosahexaenoico
DIB	Dirección de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia
EB	Energía Bruta
EE	Extracto Etéreo
ENN	Extracto No Nitrogenado
ENSIN	Encuesta Nacional de la Situación Nutricional
EPA	Ácidos graso eicosapentaenoico

Abreviatura	Termino
ETE	Esqueleto de tilapia proveniente del sistema de cultivo en estanque
ETJ	Esqueleto de tilapia proveniente del sistema de cultivo en jaulas flotantes
FB	Fibra Bruta
Fe	Hierro
H	Humedad
Hg	Mercurio
I	Yodo
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MS	Materia seca
n-3	Ácidos grasos de la familia n-3.
n-6	Ácidos grasos de la familia n-6
NMP	Número más Probable
NTC	Norma Técnica Colombiana
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
Pb	Plomo
pH	Potencial hidrógeno o nivel de ácidos o bases en una sustancia
RTE	Recortes de tilapia proveniente del sistema de cultivo en jaulas en estanque
RTJ	Recortes de tilapia proveniente del sistema de cultivo en jaulas flotantes
Se	Selenio
SISBEN	Sistema de Identificación de Beneficiario
T	Trans
TBA	Ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico
UFC	Unidades formadoras de colonia
Zn	Zinc

Introducción

La FAO (2014) destaca el importante papel que desempeña la acuicultura en la eliminación del hambre, fomento de la salud y reducción de la pobreza, por ser uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento (tasa media anual 6,2%; período 2000-2012), el cual proporciona casi la mitad del pescado destinado a la alimentación humana en el mundo. En el 2010 el pescado representó el 16,7% del aporte de proteínas animales de la población mundial y el 6,5% de todas las proteínas consumidas. En el 2012 la producción acuícola mundial fue de 90,4 millones de t, de los cuales 66,6 millones de t correspondieron a peces comestibles. De igual modo, en Colombia la acuicultura ha tenido un crecimiento promedio anual de 13% durante los últimos 27 años, donde la producción total para el año 2011 fue de 82.733 t, de las cuales el 58,5% correspondió a la producción de tilapias roja y plateada, el 19,25% a la producción de cachamas y el 6,8% a la producción de trucha (Merino y Bonilla 2013).

A medida en que aumenta la producción de los productos de la acuicultura, aumenta simultáneamente la generación de coproductos, los cuales se han considerado recursos de bajo valor comercial o para descartar. Según la FAO (2014), los coproductos reciben cada vez más atención y su utilización se ha convertido en una industria importante en varios países. Así mismo reporta que por ejemplo, las cabezas, las estructuras óseas y los recortes del fileteado pueden convertirse en productos destinados al consumo humano como salchichas o hamburguesas de pescado, gelatina y salsas. Los huesos de peces pequeños, con una cantidad mínima de carne, también se consumen como aperitivo en determinados países asiáticos. Otros subproductos se utilizan en la producción de alimentos balanceados, biodiésel y biogás, productos dietéticos (quitosano), productos farmacéuticos (incluidos los aceites), pigmentos naturales (tras la extracción) y cosméticos (colágeno) y en otros procesos industriales como la alimentación directa en la acuicultura y la ganadería, la elaboración de piensos para animales de compañía o peletería, el ensilado, los fertilizantes y el terraplenado.

De este modo, el presente estudio buscó no sólo caracterizar los coproductos para inclusión en alimentos para consumo humano o animal, sino también transformar la materia prima en harinas que permitieran dar opciones para su uso, transporte y un mayor tiempo de almacenamiento.

Para la elaboración de las harinas obtenidas a partir de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris se desarrolló un proceso dentro del cual se cumplieron las siguientes actividades: Primero se realizó el reconocimiento de las empresas exportadoras de productos acuícola habilitadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) en el país. Se seleccionaron para caracterización dos granjas productoras de tilapia nilótica (una en jaulas flotantes y otra en estanques en tierra) y de dos de trucha arcoíris (una en jaulas flotantes y otra en estanques de cemento), para el conocimiento de volúmenes de producción, destino final y precio actual de referencia de los principales coproductos obtenidos del fileteado.

Una vez seleccionadas las empresas, fueron obtenidos coproductos congelados generados durante el proceso del fileteado, y caracterizados por medio de la determinación de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, calcio, fósforo, perfil de ácidos grasos y evaluación de la calidad microbiológica (número más probable de coliformes totales y fecales, detección *Salmonella* sp. y estafilococos coagulasa positiva).

Posteriormente, se produjeron seis tipos de harinas obtenidas a partir de los coproductos. El proceso de obtención de las harinas constó de siete subprocesos denominados: molienda en húmedo, homogenizado, primer secado, prensado, segundo secado, mezclado y molienda en seco. Las harinas obtenidas fueron caracterizadas por medio de la determinación de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, calcio, hierro, fósforo, mercurio, cadmio, plomo y perfil de ácidos grasos.

Una vez obtenidas las harinas se evaluó la vida útil a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, mediante índice de acidez, peróxidos, bases nitrogenadas totales volátiles, TBA y calidad microbiológica (número más probable de coliformes totales y fecales, detección de *Escherichia coli*. y *Salmonella* sp., recuento de aerobios mesófilos y mohos y levaduras). Finalmente, se cumplió el objetivo del estudio elaborando harinas a partir de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris para consumo humano o animal.

1.Capítulo 1: Coproductos de la industria acuícola y sus potenciales usos en alimentación humana o animal.

1.1. Resumen

Actualmente la industria acuícola ocupa un reglón importante en la producción de recursos para alimentación humana o animal. En Colombia la acuicultura es una industria que se encuentra en constante crecimiento, con generación de productos innovadores e incursión en nuevos mercados. En la última década ésta industria ha desarrollado nuevas tecnologías de procesamiento y transformación de la materia prima (pescado), que han permitido obtener nuevos productos con una adecuada composición nutricional. En algunos países los coproductos de la industria, residuos de los procesos de fileteado de algunas especies ícticas, han sido incluidos comúnmente en alimentos para consumo animal (harinas, aceites y ensilajes) y humano (panes, galletas, sopas y albóndigas), logrando un enriquecimiento nutricional de los mismos. Lo anterior ha permitido aumentar la diversidad de recursos alimenticios de bajo costo y disponibles para la población. La utilización de coproductos busca reducir la contaminación ambiental generada por el manejo inadecuado en su disposición final y mejorar los rendimientos en el aprovechamiento de los recursos de la acuicultura. Así, el objetivo de la presente revisión es exponer la información disponible sobre el tipo y uso de coproductos generados por la industria acuícola, su transformación para la agregación de valor y posterior utilización en nutrición animal o humana.

Palabras clave: contaminación, composición nutricional, pez, subproductos, valor agregado.

1.2. Abstract

Aquaculture industry is a very important source of animal protein for human or animal consumption. The aquaculture industry in Colombia is constantly growing, generating innovative products and reaching new markets. In the last decade this industry has developed new technologies for processing and transformation of raw materials (fish), which have yielded new byproducts with nutritional potential. In some countries, these residues from the filleting industry have been included, enriching nutritionally animal feeds (meal, oils and silage) and human foods (breads, cookies, soups and snacks). This has increased the diversity of low-cost food resources available to the population. The use of co-products reduced the environmental pollution caused by bad final storage. They also increase the ingredients available for aquaculture. The aim of this review is to present: the available information on type and use of coproducts generated by the aquaculture industry, processing for added value and potential use in animal or human nutrition.

Keywords: Added value, byproducts, fish pollution, nutritional composition.

1.3. Introducción

Según Casas et ál. (2009) y SustainAqua (2009) los sistemas productivos y las industrias deben desarrollarse desde un enfoque sostenible, por medio de la adecuada integración de la dimensión ecológica, la equidad social y el bienestar económico, garantizando un medio ambiente viable a largo plazo.

De acuerdo con lo anterior y abordando la dimensión ecológica, un manejo apropiado de la industria acuícola debe, entre otras acciones, contemplar la mejor disposición y utilización de los coproductos generados durante el proceso productivo (Galan y Franco 2010; Godoy et ál. 2010; Vidotti y Gonçalves 2006). Así, es fundamental evitar que estos residuos o coproductos finalicen en los suelos y efluentes de agua, puesto que contienen una cantidad considerable de cargas orgánicas e inorgánicas, conformadas por sólidos suspendidos (alimento balanceado, restos de peces, entre otros), que generan elevadas demandas bioquímicas de oxígeno en las corrientes de agua, además de contener otras sustancias como productos químicos u organismos patógenos que generan eutrofización y descomposición (Boscolo et ál. 2004; Feltes et ál. 2010; Galan y Franco 2010; Kochenborger et ál. 2007; Marques et ál. 2004; Petenuci et ál. 2010; Pinto et ál. 2006).

Desde la dimensión económica, se considera que la acuicultura es económicamente sostenible y viable si el sistema productivo es rentable, los ingresos son honestos y los productos son aceptados por los consumidores (SustainAqua 2009). De acuerdo con lo

anterior, se debe contemplar que todos los productos generados sean aprovechados, generando una mayor diversidad de productos y garantizando un mejor aprovechamiento de estos. Según Alcuri y Henry (2009) los coproductos podrían ser destinados para alimentación humana o animal, al tiempo que se genera valor agregado en todos los eslabones de la cadena de producción (Boscolo et ál. 2004; Galan y Franco 2010; Kochenborger et ál. 2007; Marques et ál. 2004).

Respecto a la dimensión social, el aprovechamiento de los coproductos de la industria acuícola puede ser la línea base que permita ahondar en estudios de inclusión en alimentos para consumo humano, con el ánimo de mejorar el aporte nutricional de algunos alimentos y suplir los requerimientos y deficiencias nutricionales de las poblaciones (Alcuri y Henry 2009). En Colombia, la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN 2010) muestra que para el año 2010 el índice de desnutrición global fue de 3,4%, donde el 12% de los niños menores de 5 años sufrían de desnutrición crónica y 13,2% de retraso en el crecimiento. En un estudio anterior, la ENSIN (2005) mostró además que para el 2005 en Colombia existía una deficiencia de ingesta de proteína de 36,0%, resaltando que este déficit se incrementaba a partir de los 14 años, edad donde el porcentaje de déficit alcanzó 43,1% en hombres y 50,1% en las mujeres. El mismo documento reporta que el 85,8% de la población no cumplía con los requerimientos de calcio. Según la ENSIN 2010, la prevalencia de anemia en niños hasta los 4 años fue de 33,2%, causada por la baja ingesta de hierro (ferropriva); de manera similar, se mostró que uno de cada cuatro niños (de 6 a 59 meses) presentaba anemia, siendo esta proporción de 8% en niños entre 5 y 12 años, 11% en jóvenes entre 13 y 17 años y 7,6% en mujeres de edad fértil. Los reportes anteriores destacan que las deficiencias son mayores en las zonas rurales, en familias con mayor número de hijos, en los hijos de mujeres sin educación, en mujeres gestantes, en niños menores de 5 años y en familias clasificadas con menores niveles en el Sistema de Identificación de Beneficiario (SISBEN).

De acuerdo con lo anterior, es compromiso de universidades, centros de investigación, empresas, industria y entes gubernamentales, especialmente el sector productor de alimentos, promover por el desarrollo de nuevas alternativas o recursos alimenticios de fácil acceso y bajo costo, que ayuden a contrarrestar las deficiencias nutricionales enunciadas. En este campo, los coproductos de la industria del fileteado de pescado pueden ser una adecuada alternativa, por ser una fuente disponible de nutrientes de alto valor nutricional (Galan y Franco 2010; Godoy et ál. 2010). Así, el objetivo de la presente revisión es presentar la información disponible sobre el tipo y uso de los coproductos generados por la industria acuícola y su transformación para la agregación de valor y posterior utilización para nutrición animal o humana.

1.4. La industria acuícola

Según la FAO (2014), en el 2009 el pescado representó el 16,7% del aporte de proteína animal consumida a nivel mundial y el 6,5% de todas las proteínas consumidas. En el 2010, la pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo unos 158 millones de t de pescado, de los cuales 66,6 millones de t fueron aportados por la producción acuícola. En las tres últimas décadas, la producción mundial de peces comestibles procedentes de la acuicultura ha presentado un índice medio anual de crecimiento de 3,2%, destacando que su producción es destinada casi en su totalidad al consumo humano.

En Colombia, la acuicultura ha ido sustituyendo los productos de la pesca por especies cultivadas en aguas continentales, permitiendo el desarrollo económico, garantizando seguridad alimentaria y generando productos para exportación (FAO 2006). Según Merino et ál. (2013), el sector acuícola en Colombia mostró entre los años 1990 y 2011 una tendencia de crecimiento promedio anual del 12% en la acuicultura; por otro lado, Bonilla y de la Pava (2013) reportan que para el año 2011 el consumo per cápita de productos de la acuicultura fue de 2,75 kg/persona/año. Los autores destacan que si se tienen en cuenta el 35% de importaciones no legales, el consumo aparente para el mismo año aumentó a 3,92 kg/persona/año. Así mismo se reporta que el consumo per cápita aparente de productos de la pesca y la acuicultura para el mismo año fue de 4,54 kg/persona/año.

El Diagnóstico del Estado de la Acuicultura en Colombia (Merino et ál. 2013) expone que la acuicultura nacional está dividida en tres grupos diferenciados, la acuicultura continental, marina y de peces ornamentales. La especie marina más representativa es el camarón de cultivo, y en piscicultura de agua dulce son la tilapia, trucha y cachama. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Secretaría Técnica Nacional de la Cadena de la Acuicultura (2011) reportan que la dinámica exportadora del sector piscícola para este mismo año se concentró en filete fresco de tilapia y trucha con 4032 t, donde un 92,17% tuvo como destino el mercado de los Estados Unidos, 0,54% el mercado de Canadá y 7,29% filete congelado de trucha con destino a Alemania.

Coproductos generados de la industria acuícola

El incremento en el consumo y el valor de los productos de la acuicultura conducen a una mayor generación de coproductos, que pueden ser definidos como el grupo de recursos que se produce paralelamente con el producto principal (filete) pero presenta un menor valor comercial. En el pasado los coproductos de la acuicultura se consideraban de bajo valor comercial, o como un problema que había de eliminarse o descartarse. En los dos últimos decenios se ha registrado una mayor conciencia en el plano mundial acerca de los aspectos económicos, sociales y ambientales de una utilización óptima de los

coproductos y de la importancia de reducir los descartes y las pérdidas en las fases posteriores a la captura (almacenamiento, elaboración y distribución) (FAO 2012).

Según Feltes et ál. (2010) y Adeleke y Odedeji (2010) en la industria acuícola los peces pueden ser procesados mediante salado, semiconservas u otros métodos, donde la elaboración del producto final involucran básicamente: la obtención de la materia prima, conservación hasta el procesamiento, elaboración, embalaje, transporte y comercialización, generando en cada etapa del proceso una gran variedad de residuos y coproductos con potencial uso en alimentación humana o animal (Figura 1-1)

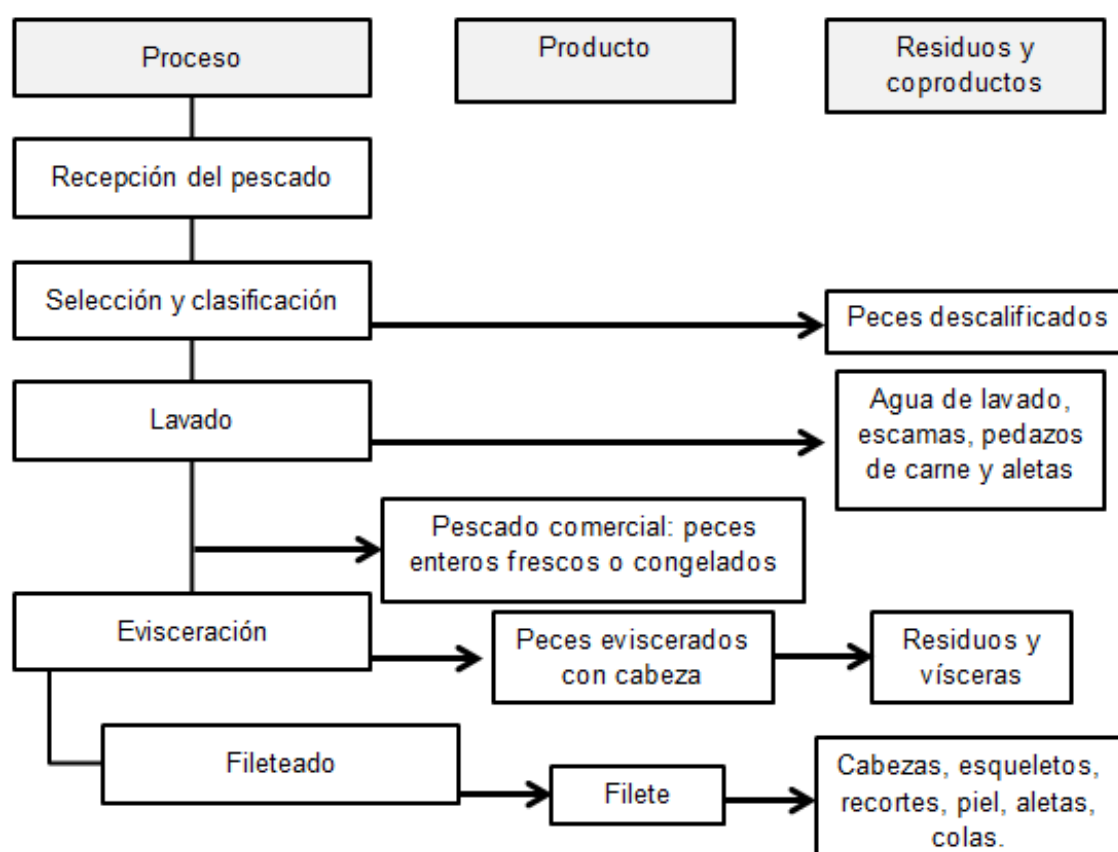


FIGURA 1-1: Flujo del procesamiento de pescado, indicando procesos, productos, coproductos y residuos generados.

Los coproductos generados de la producción de filete (cabeza, esqueleto, recortes, vísceras, aletas, escamas y resto de carne) pueden llegar a representar entre 60 y 72% de la materia prima inicial (Boscolo et ál. 2004; Feltes et ál. 2010; Godoy et ál. 2010; Kochenborger et ál. 2007; Maigualema y Gernat 2003; Marques et ál. 2004; Petenuci et

ál. 2010; Pinto et ál. 2006), variando de acuerdo con el procesamiento, el tamaño y la especie (Galan y Franco 2010; Vidotti y Gonçalves 2006).

En el caso de la tilapia nilótica, el rendimiento del filete está alrededor del 30% y el restante son residuos y coproductos que incluyen: 14% de cabeza, 35% de carcasa, 10% de piel, 1% de escamas y 10% de vísceras (Galan y Franco 2010; Souza y Freire 2001; Pinheiro et ál. 2006; Vidotti y Gonçalves 2006). Según García et ál. (2004) los rendimientos obtenidos en el procesamiento de trucha arcoíris corresponden a 55,21% de filete, 11,95% cabeza, 6,04% piel, 5,47% huesos, 6,98% cola y aletas y 10,37% vísceras.

Actualmente los coproductos de la acuicultura son utilizados con mayor intensidad en alimentación animal, especialmente como harina de pescado obtenida de la industria del fileteado. Según las últimas estimaciones, aproximadamente un 35% de la producción mundial de harina de pescado se obtuvo a partir de coproductos (FAO 2014). Además de la industria de la harina de pescado estos recursos se destinan a otros usos, entre ellos, la obtención de cosméticos, productos farmacéuticos, alimentación humana y animal, producción de ensilajes y pieles entre otros (Feltz et ál. 2010).

Composición nutricional

Según la FAO (1999a) y Marques et ál. (2004) la composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies, edad, sexo, peso al sacrificio, sistemas de alimentación, manejo y medio ambiente. Sin embargo, de manera general se considera el pescado y los productos de la pesca como una fuente valiosa de proteínas y nutrientes esenciales para tener una nutrición equilibrada y disfrutar de buena salud (FAO 2012), como se presenta en la Tabla 1-1.

TABLA 1-1. Composición química de coproductos del fileteado de la tilapia

Coproducto	MS (%)	PB (%)	Cz (%)	EE (%)	Ca g/100g	P g/100g	Fe g/100g	Referencia
Cabeza, columna vertebral, aletas, vísceras, piel y escamas.	94,6	63,5	18,5	10,8	5,73	3,4		Maigualema y Gernat 2003
Cabeza, columna vertebral	93,11	42,81	30,13	17,8				Boscolo et ál. 2004
Harina de tilapia entera	96	56	22	16				Vidotti y Gonçalves 2006
Columna vertebral con carne	85,8	40,8	18,3	25,3				Petenuci et ál. 2010
Columna vertebral con carne	82,59	32,51	26,22	19,7	1,78	2,36	0,0057	Godoy et ál. 2010
Cabeza y columna vertebral	96,94	33,8	28,96	34,4	9,19	2,51	0,0067	Galan y Franco 2010

MS: materia seca; H: humedad; PB: proteína bruta; Cz: cenizas; EE: extracto etéreo; Ca: calcio; P: Fósforo; Fe: Hierro.

Los lípidos del pescado contienen ácidos grasos polinsaturados de cadena larga de la familia Omega-3 (Conchillo et ál. 2006), los cuales están presentes en mayor cantidad en peces de aguas salobres y frías, debido a la alimentación fitoplanctónica que concentra ácidos grasos como el eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Los peces de agua dulce también presentan estos ácidos grasos pero en menor cantidad (Galan y Franco 2010).

Así mismo, las proteínas de los peces poseen un elevado valor biológico (FAO, 1999b; Godoy et ál. 2010), con una composición balanceada de aminoácidos esenciales o indispensables en la dieta (Feldes et ál. 2010; Galan y Franco 2010; Vidotti y Gonçalves 2006; Shaviklo 2011). De modo similar, la FAO (2005) menciona que los peces son considerados como una valiosa fuente de calcio, fósforo, hierro, cobre y selenio, minerales considerados como catalizadores activos para el metabolismo y para el mantenimiento de la salud (Marques et ál. 2004).

Datos de producción de coproductos en Colombia

Según el Diagnóstico del Estado de la Acuicultura en Colombia (Merino et ál. 2013), para el 2011 se produjeron en el país 74.159 t de especies piscícolas, las cuales se desarrollaron principalmente en dos sistemas de cultivo: estanques y jaulas o jaulones. El mismo estudio muestra que la mayor parte de la producción nacional estuvo concentrada en el cultivo de tilapia roja, con 23.273 t en estanque y 15.120 t en jaulas y jaulones y tilapia nilótica con 1.009 t en estanque y 9.031 t en jaulas y jaulones, cachama con 15.923 t en estanque y trucha arcoíris con 4.857 t en estanques y 774 t en jaulas y jaulones.

Para el año 2012 existían en el país un total de 10 empresas exportadoras de productos de la piscicultura, con plantas de procesos habilitadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) para el procesamiento de tilapia (5) y trucha (5). Las cinco plantas para el procesamiento de tilapia contaban para la fecha con una capacidad de proceso de 2.900 t/mes, generando como productos finales: filete fresco y producto entero. Las cinco plantas para el procesamiento de trucha contaban con una capacidad de proceso de 265 t/mes, generando como productos: trucha en corte mariposa y filetes (Merino et ál. 2013).

En las figuras 1-2 y 1-3 se presentan los principales coproductos generados en la industria del procesamiento de tilapia nilótica y trucha arcoíris en Colombia. En la Tabla 1-2 se presenta la capacidad en t de procesamiento de tilapia y trucha, con valores estimados de generación de coproductos y residuos. Los valores presentados fueron calculados a partir de los datos de rendimiento reportados en la literatura y considerando la capacidad de proceso de las plantas habilitadas para exportación en Colombia.



FIGURA 1-2: Principales coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica.

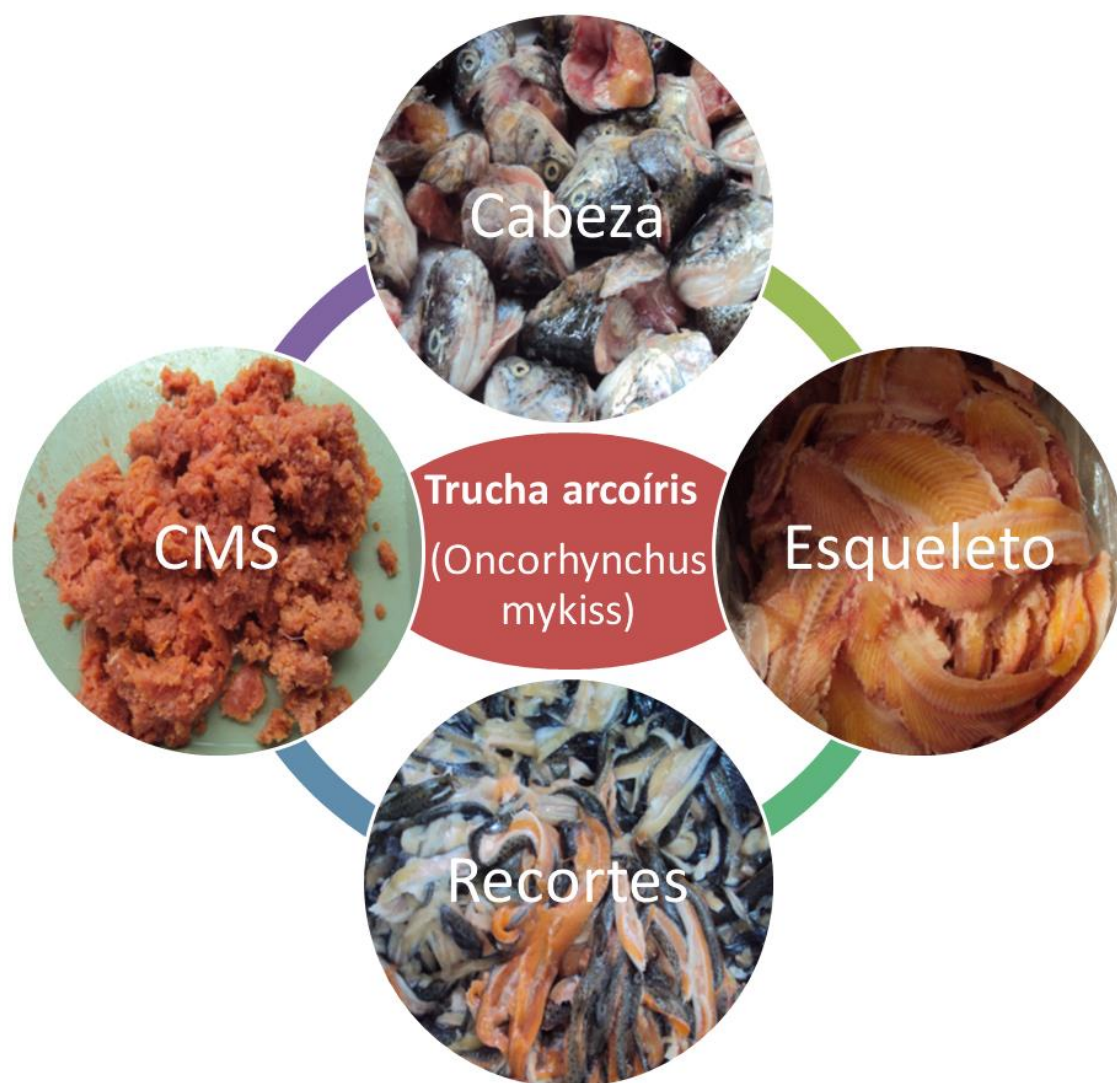


FIGURA 1-3: Principales coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris.

TABLA 1-2. Volúmenes de producción estimada (t) de filetes, coproductos y residuos de 10 empresas exportadoras en Colombia.

		Capacidad de proceso de la planta (Toneladas pescado entero/mes) (Merino et ál. 2013)	Producto (t)	Coproductos (t)		Residuos (t)
Rendimiento*			Filete (30%)	Cabeza (14%)	Carcasa (35%)	Piel y escamas (7%) Vísceras (14%)
Tilapia	Empresa 1	450	135	63	157,5	31,5
	Empresa 2	600	180	84	210	42
	Empresa 3	750	225	105	262,5	52,5
	Empresa 4	600	180	84	210	42
	Empresa 5	500	150	70	175	35
	Subtotal	2.900	870	406	1.015	203
Rendimiento*			Filete (56%)	Cabeza (15%)	Carcasa (12%)	Cola (2%) Vísceras (15%)
Trucha	Empresa 1	80	44,8	12	9,6	1,6
	Empresa 2	65	36,4	9,75	7,8	1,3
	Empresa 3	25	14	3,75	3	0,5
	Empresa 4	40	22,4	6	4,8	0,8
	Empresa 5	55	30,8	8,25	6,6	1,1
	Subtotal	265	148,4	39,75	31,8	5,3
TOTAL		3.165	1018	446	1047	208

*Valores reportados en literatura. (Boscolo et ál. 2004; Feltes et ál. 2010; Galan y Franco 2010; García et ál. (2004); Godoy et ál. 2010; Kochenborger et ál. 2007; Maigualmente y Gernat 2003; Marques et ál. 2004; Petenuci et ál. 2010; Pinheiro et ál. 2006; Pinto et ál. 2006; Souza y Freire 2001; Vidotti y Gonçalves 2006).

De acuerdo con la tabla anterior, se podría considerar que, si las plantas estuvieran trabajando al tope de su capacidad, se producirían un total de 1.018 t/mes de filete de tilapia y trucha, con una generación de 1.701 t/mes de coproductos y 446 t/mes de vísceras. En el desarrollo del trabajo de investigación se entrevistaron 4 empresas productoras y procesadoras de tilapia nilótica y trucha arcoíris, a las cuales se les realizó una encuesta y visita en campo, con el objetivo de conocer el panorama productivo respecto a la producción y comercialización de los productos considerados como coproductos. En la Tabla 1-3 se presenta la información recolectada.

TABLA 1-3. Volúmenes de procesamiento de pescado (t/mes), generación de coproductos (% t/mes) y precio de referencia de 4 empresas procesadoras de pescado en Colombia.

Empresa	t/mes procesadas	Coproducto generado	Coproducto (%)	Coproducto (t/mes)	Precio de referencia (\$/kg) ¹
Tilapia Jaulones en Represa	250	Cabeza	24%	60,00	\$1.200
		Esqueleto	17%	42,50	\$400
		Recortes	6%	13,75	\$1.200
Tilapia en estanque	54	Cabeza	25%	13,50	\$1.150
		Esqueleto	21%	11,34	
		Recortes	5%	2,70	\$1.400
Trucha Jaulones en Represa	20	Cabeza	15%	3,00	\$2.250
		Esqueleto	7%	1,40	\$4.500
		Recortes	5%	1,00	
Trucha en estanque	70	Cabeza	15%	10,50	\$700
		Esqueleto	10%	7,00	
		Recortes	10%	7,00	
		CMS			\$700

1. Los valores están expresados en pesos colombianos; la encuesta fue realizada en octubre de 2012.

1.5. Utilización de coproductos de la industria acuícola para alimentación animal

Los coproductos de la industria acuícola son una alternativa importante como sustitutos para las tradicionales fuentes de proteína, energía y minerales, ayudando en la reducción de los costos de alimentación y producción de alimentos balanceados (Boscolo et ál. 2005a; Boscolo et ál. 2005b). A continuación se describen los principales recursos utilizados para la alimentación animal, así como una breve descripción de algunas investigaciones en las cuales incorporaron coproductos de la industria del fileteado de peces en alimentación animal (Tabla 1-4).

TABLA 1-4. Utilización de coproductos de la industria del fileteado de pescado para alimentación animal.

Descripción	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencia
Estudiar el efecto de la sustitución de harina de soya (SBM) por harina de subproductos de tilapia (TBM) en dietas para pollos	Los pollos alimentados con 0, 25 y 50% TBM tuvieron mejores resultados con diferencias significativas ($P < 0,01$) en peso corporal, consumo de alimento, mejor conversión alimenticia y peso de las canales en todo el período de crecimiento (42 d).	La TBM puede ser sustituida por proteína cruda de SBM hasta en un 50% sin efectos negativos en el desarrollo y calidad de la carcasa de las aves.	Maigualema y Gernat 2003
Determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de energía bruta (EB) y proteína bruta (PB), de harina de peces, obtenida a partir de residuos del fileteado de corvina (<i>Plagioscion squamosissimus</i>), tilapia nilótica y camarón canela (<i>Macrobrachium amazonicum</i>) para alimentación de tilapia nilótica.	Los CDA para PB y EB fueron de: 70,7 y 54,5% para residuos del fileteado de corvina; 67,1 y 48,5% para residuos del fileteado de tilapia; 88,8 y 68,4% para residuos del fileteado de camarón canela.	Se resalta el potencial de utilización de estas materias primas en alimentación para tilapia nilótica, siendo necesario determinar los niveles de inclusión en las dietas para las diferentes fases de producción.	Boscolo et ál. 2004
Cursos de capacitación sobre manejo productivo y procesamiento del pescado a productores (Brasil); se trabajaron técnicas de beneficio, almacenamiento, manipulación e higiene.	Composición nutricional de harinas de pescado de 55 a 70% de proteína; 4 a 8% de materia grasa; 4% de extracto libre de nitrógeno; 12 a 33% de minerales y 6 a 10% de humedad.	Aprendizaje de técnicas de elaboración, almacenamiento manipulación e higiene del pescado y sus coproductos.	Marques et ál. 2004
Inclusión de harina de coproductos de la industria del fileteado de la tilapia nilótica como fuente de proteína y de minerales para alimentación de alevinos de Tilapia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Los mejores desempeños fueron de los animales que recibieron suplementación de fósforo, incluidos los que incluyeron harina de coproductos.	La harina de coproductos de tilapia, mejora el desempeño y la disposición de nutrientes, siendo una fuente óptima de aminoácidos y P	Boscolo et ál. 2005a
Inclusión de harina de coproductos de	La dieta con el 15% de harina de	La harina de coproductos de	Boscolo et ál.

la industria del fileteado de la tilapia nilótica para alimentación de alevinos de “piaçu” o “boga” (<i>Leporinus macrocephalus</i>).	coproductos de la industria del fileteado mejoró el desempeño productivo y la deposición de proteína en “piaçu” o “boga”.	tilapia es una adecuada fuente de proteína para el piaçu.	2005b
Evaluación de la composición química de ensilados de residuos de peces sobre el desempeño de alevines de tilapia nilótica, por medio de la inclusión de 0, 10, 20, y 30% del ensilaje en las raciones diarias. Los residuos del fileteado de tilapia fueron picados manualmente, molidos y calentados; posteriormente fueron mezclados con 30% de harina de trigo.	El ensilado presentó valores de 48,9% de MS; 29,4% de PB; 17,1% de EE; 12,1% de cenizas; 3,1% de Ca y 2,1% de P; no se encontraron diferencias en la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y tasa de eficiencia proteica.	Los residuos del fileteado de tilapia, con una adición de 30% de harina de trigo, generan un ensilaje de buena calidad para alimentación animal y sin efectos negativos en el desempeño zootécnico.	Pinto et ál. 2006
Evaluación de la inclusión 0, 2, 4, 6 y 8% de ensilajes ácidos de residuos de tilapia en raciones para juveniles de piaçu (<i>Leporinus macrocephalus</i>).	No se encontraron diferencias en composición corporal, índice hepatosomático e índice de grasa vicerosomática. La composición del ensilaje fue: 30,6% de PB; 6150 kcal/kg de EB; 1,5% de FB; 47,9% de EE; 14,1% de Cz ; 5,2% de Ca; 1,9% de P; 5,9 % de ENN y 100% de MS.	La inclusión hasta un 8% de ensilaje ácido, en dietas para juveniles de piaçu no genera efectos negativos en el crecimiento y en la calidad de la carcasa.	Kochenborger et ál. 2007
Elaboración de harinas de peces a partir de residuos del fileteado de tilapia nilótica; evaluación de las características de composición y el efecto de la inclusión (0, 1, 2 y 4%) en dietas para conejos de la raza Nueva Zelanda, blancos.	La harina presentó un valor de proteína de 55 a 60%. En los conejos hubo diferencias significativas en la cantidad de proteína y los valores de Ca y P en músculo; la cantidad de lípidos en el músculo fue diferente en la inclusión de 3% de la harina y no hubo diferencia en el análisis de resistencia ósea.	La harina es una opción proteica en dietas para animales; hace falta investigación en diferentes especies, niveles de inclusión y tiempo de tratamiento.	Galan y Franco 2010

Inclusión de harina de residuos de la industria del fileteado de tilapia en raciones orgánicas para tilapia nilótica, en fase de crecimiento y sus efectos sobre el desempeño zootécnico, características de la carcasa y composición química.	La inclusión de 16% de harina de residuos del fileteado de tilapia, en alimentos formulados con ingredientes orgánicos mejoró el desempeño zootécnico y no comprometió el rendimiento corporal.	La inclusión de los coproductos está limitada por las altas concentraciones de minerales como el fósforo, que pueden llevar a la eutrofización del medio ambiente.	Boscolo et ál. 2010
--	---	--	------------------------

Aceite de pescado

Los peces descartados y los coproductos del procesamiento principalmente son aprovechados para la producción de aceites de pescado (Petenuci et ál. 2010). Según Feltes et ál. (2010) el método más convencional involucra las etapas de: cocción, prensado, filtración y centrifugado del material. El proceso de cocción es esencial para la liberación de agua y aceite con altas temperaturas, evitando la degradación microbiana del material procesado; por otro lado, el prensado remueve la porción líquida del material, la cual es filtrada y centrifugada, dando origen a dos porciones: la porción líquida y la porción sólida.

El aceite obtenido debe ser almacenado libre de sólidos y con inclusión de antioxidantes. La mayoría del aceite es destinado a la fabricación de alimentos balanceados para animales, aunque también puede ser empleado en la producción de tintas, barnices y acabados de cueros (Feltes et ál. 2010; Valenzuela y Sanhueza 2009).

Harina de pescado de peces marinos o forrajeros (enteros)

La harina de pescado es considerada como la principal fuente de proteína dietaria en raciones para peces, actuando además como palatabilizante y constituyéndose en la fuente de proteína animal más utilizada en alimentos concentrados (Carranza 1999; Feltes et ál. 2010; Galan y Franco 2010; Maigualema y Gernat 2003).

Según la FAO (2012) la harina de pescado se elabora a partir de pescado entero o de restos de pescado derivados del procesamiento. Carranza (1999) afirma que la harina de pescado es obtenida básicamente de pequeñas especies pelágicas como la anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus murphyi*) y sardinas (*Sardinops sagax*). El proceso de la producción de harina de pescado y de aceite, comprende las etapas de: cocción, prensado, secado y molienda. Las fábricas de harina de pescado utilizan la materia prima completamente, con un rendimiento aproximado de 21,1% en harina de pescado y de 10,8% en aceite.

Es importante resaltar que la producción no es constante en el tiempo, puesto que el volumen de harina y aceite de pescado producido en el mundo, oscila anualmente en función de las variaciones de las capturas de las especies descritas (FAO, 2012), lo que implica que las cantidades son variables y con ellas el precio del producto, el cual fluctúa constantemente, como se muestra en la figura 1-4. Debido a lo anterior, ha surgido interés por parte de los investigadores para generar nuevas alternativas (Feltes et ál. 2010) que sustituyan las fuentes tradicionales de proteína por medio de la utilización de coproductos

industriales, proporcionando valor agregado para la industria (Boscolo et ál. 2010; Galan y Franco 2010).

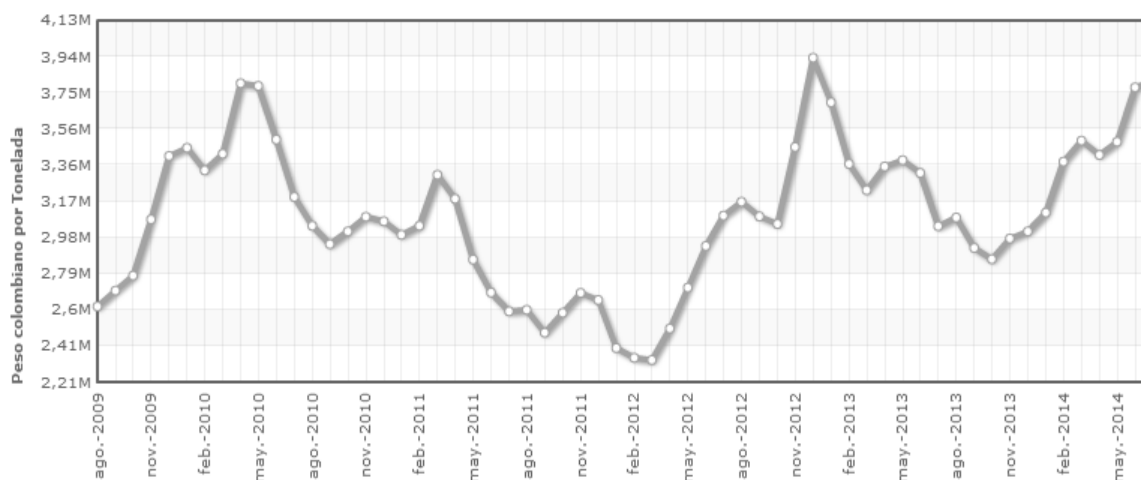


FIGURA 1-4: Variación del precio de la harina de pescado peruana (65% PC) entre agosto 2009- mayo 2014 (tomado de <http://www.indexmundi.com>. [Online]. Consultado agosto de 2014)

Harina de pescado de coproductos

Según Galan y Franco (2010) el principal destino de los coproductos del fileteado de peces es la producción de harinas para alimentación animal, debido a su adecuada composición de proteína, lípidos, vitaminas y minerales. Según las últimas estimaciones, aproximadamente un 35% de la producción mundial de harina de pescado en el 2010 se obtuvo de coproductos (FAO 2014). Las características de calidad de la harina varían en función del manejo, la composición de la materia prima utilizada, del control de la calidad en el proceso y de la protección contra la oxidación (antioxidantes).

Ensilado de pescado

Los coproductos de la industria acuícola pueden ser procesados mediante la hidrólisis de la biomasa para obtener ensilado de peces, con gran potencial para la utilización como fuente proteica para alimentación animal (Maigualmente y Gernat 2003; Petenuci et ál. 2010; Pinto et ál. 2006). Según Vidotti y Gonçalves (2006), Kochenborger et ál. (2007) y Feltes et ál. (2010), el ensilaje es un producto de consistencia semipastosa, casi líquida, producido a partir de peces enteros, vísceras o parte de ellos, conservados por acción ácida (ensilaje químico) o por fermentación microbiana inducida por carbohidratos (ensilado biológico). La licuefacción de la biomasa es realizada por acción de las enzimas proteolíticas naturalmente presentes en los peces o adicionadas (ensilaje enzimático).

El proceso de ensilado consiste en la reducción de pH a valores inferiores a 4,0 para inhibir el crecimiento de microorganismos desfavorables y patógenos, y así prevenir la oxidación de la materia prima; durante el ensilaje se reduce la cantidad de proteína bruta y se aumenta la proteína soluble, acompañado del aumento en la disponibilidad de aminoácidos libres y péptidos de cadena corta (Kochenborger et ál. 2007; Pinto et ál. 2006; Vidotti y Gonçalves 2006). Según Vidotti y Gonçalves (2006) la obtención de silos de pescado es un proceso simple, práctico, independiente de la escala de producción, con pocas necesidades de inversión y con reducción en la emisión de efluentes y olores.

De manera general, el estudio de recursos alternativos como los coproductos de la industria acuícola, deben ir encaminados a generar una disminución del costo de los alimentos balanceados, al tiempo que suministren la misma o mejor calidad nutricional y proporcionen un rendimiento productivo equivalente a los alimentos convencionalmente utilizados (Galan y Franco 2010).

1.6. Utilización de los coproductos de la industria acuícola para alimentación humana

El aumento en el consumo de productos provenientes de la acuicultura es ampliamente recomendado por las autoridades en salud (FAO/OMS) gracias a sus efectos benéficos sobre la nutrición (Valenzuela y Sanhueza 2009). Según Rahman et ál. (2007) el consumo de estos productos ha aumentado en algunas regiones, gracias a que los consumidores buscan alimentos saludables. En algunos países desarrollados la agregación de valor por medio de la innovación, ha llevado a la generación de una amplia gama de alimentos de origen acuícola de fácil adquisición, manejo y preparación, principalmente frescos, congelados, empanados, ahumados o enlatados, que se comercializan como alimentos de calidad uniforme pre-cocidos y de raciones controladas (FAO, 2012). Otra forma eficaz de aumentar la ingesta de pescado en la dieta es la fortificación o la adición de productos provenientes de la acuicultura en alimentos de uso cotidiano (Carrero et ál. 2005; Vignesh y Srinivasan 2012). La tecnología hace posible hoy en día que una gran cantidad de alimentos puedan enriquecerse o suplementarse con el objeto de aumentar su valor nutricional (Shaviklo et ál. 2011).

La utilización de coproductos del procesamiento de la industria del fileteado para consumo humano depende básicamente de la calidad de la materia prima empleada. Por tanto, es de vital importancia el cuidado en la manipulación y conservación de los peces antemorten y postmorten, garantizando la cadena de frío durante todo el proceso y manteniendo un manejo apropiado de la limpieza e inocuidad de las plantas procesadoras.

A continuación se describen algunos productos alimenticios para consumo humano, derivados de coproductos de pescado y una breve descripción de algunas investigaciones en las cuales se incorporaron los coproductos de la industria del fileteado de peces en alimentación humana (Tabla 1-5).

TABLA 1-5. Utilización de coproductos de la industria del fileteado de pescado para alimentación humana.

Descripción	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Referencia
Evaluación de la aceptación de caldos y sopas elaborados con harina de carcasa de tilapia ahumada para merienda escolar.	Los caldos tuvieron, en la escala hedónica (1 mínima y 9 máxima aceptación), de aceptación de 8, es decir que al panel de degustación le “gustó mucho” el producto.	Las harinas de los coproductos de la industria del fileteado pueden ser incluidas para el enriquecimiento de productos para consumo humano mejorando la calidad de las raciones alimenticias.	Godoy et ál. 2010
Estudio de aceptabilidad de panes de harina de trigo fortificados con harina de tilapia en proporciones de 5, 10, 15 y 20% de inclusión.	La adición de la harina de tilapia incrementa proporcionalmente los niveles de proteína del pan; en el análisis sensorial los autores no encontraron diferencias en sabor, aroma, consistencia, color y aceptabilidad en general del producto final.	Se resalta la importancia del pan como un alimento de alto consumo que puede llegar fácilmente a diversas poblaciones, siendo un pan enriquecido una alternativa viable para cubrir deficiencias nutricionales de proteína, vitaminas, hierro y otros minerales.	Adeleke y Odedeji 2010
Inclusión de surimi de pescado (<i>Pollachius Virens</i>) en pasabocas de maíz, con una inclusión de 3, 5, 7, y 9% de la harina obtenida, sazonados con queso, aceite vegetal, sal y colorantes; su aceptación fue evaluada en 180 niños y jóvenes con edades entre 6 y 16 años.	La cantidad de proteína, humedad, grasa, cenizas y sal en los “snaks” fortificados fue de 12, 2, 31, 3 y 2%, respectivamente.	La inclusión de 7% de harina de surimi de pescado tuvo la mejor aceptación en olor, textura, sabor y aceptabilidad en general.	Shaviklo et ál. 2011
Desarrollo de una receta para la preparación de albóndigas a partir de carcasas y peces comercialmente descartados por su menor tamaño.	El 98% de las mujeres aprobaron como “me gusta mucho” el sabor, aroma y apariencia de las albóndigas, el 96% encontró que la receta era de fácil preparación, el 97% declararon facilidad en	El aprovechamiento de coproductos del fileteado es viable, disminuye la generación de residuos, y genera un aumento en la	Alcuri y Henry 2009

Adicionalmente se incluyó: pan, perejil, sal, ajo, huevo y aceite. Se capacitaron 28 mujeres, esposas de pescadores, y cocineras de meriendas escolares.	la adquisición y acceso a los ingredientes.	ingestión de alimentos de alto valor nutricional y bajo costo.	
Elaboración de alfajor con inclusiones de 0, 5, 10 y 15% de mezcla deshidratada de salmón y tilapia, para su evaluación sensorial	La inclusión de la mezcla no afectó los parámetros sensoriales evaluados (aroma, sabor, textura, color, apariencia) los cuales fueron medidos en una escala hedónica de 9 puntos, con notas entre 6,7 - 7,96. Para la intención de compra, la escala utilizada fue de 5 puntos con resultados próximos al 4, cuyo valor traduce que posiblemente compraría el producto.	Se puede incluir hasta 15% de la mezcla de pescado deshidratado en la elaboración del alfajor, con buena aceptación.	Kimura et ál. 2013
Inclusión de 0, 10, 20 y 30% de harina aromatizada de tilapia en palitos de cebolla, para su evaluación sensorial	El producto fue aceptado moderadamente por los evaluadores, con notas entre 5,08 (ni me gusta ni me disgusta) y 7,14 (me gusta regularmente)	Se puede incluir hasta 30% de la harina aromatizada en los palitos de cebolla.	Coradini et ál. 2013
Elaboración de una torta de espinaca con inclusiones de 0, 5, 10 y 15% de mezcla deshidratada de salmón y tilapia, para su evaluación sensorial.	Hubo diferencia significativa para los parámetros de sabor, textura, aceptación general e intención de compra, evidenciando un efecto lineal negativo en la medida en que se incrementó la inclusión de la harina	Se puede incluir hasta 10% de la mezcla de pescado deshidratado en la elaboración de la torta de espinaca.	Souza et ál. 2013
Realización de análisis químico y microbiológico a galletas de almidón de yuca con 0, 3, 6, 9, 12 y 15%, de harina de pescado	Se encontró un aumento lineal en el contenido de cenizas (0,77 a 7,65%) y de proteína bruta (1,93 a 10,29%) con la inclusión de la harina. Por otro lado hubo una disminución del contenido de extracto etéreo (22,93 a 18,06%) y carbohidratos (72,69 a 62,05%). Finalmente las muestras analizadas cumplieron con los parámetros microbiológicos aptos para consumo.	La inclusión de harina de tilapia aumentó el valor nutricional de las galletas de almidón de yuca, especialmente en los nutrientes de proteína bruta y cenizas.	Vieira et ál. 2013

Carne Mecánicamente separada

Para obtención de la carne mecánicamente separada se retira la carne de los huesos, carcasa o parte de la carcasa, sometiéndola a una separación mecánica con equipos especiales (Feltos et ál. 2010). Por medio de esta tecnología se pueden generar una gran variedad de productos comercializados como: carne para hamburguesas, salchichas, apanados, enlatados y nuggets, entre otros (Galan y Franco 2010).

Surimi

Es un extracto de proteínas miofibrilares de peces obtenidos a partir de carne mecánicamente separada o de residuos de diferentes procesos de la industria acuícola (Barreto y Beirao 1999; Petenuci et ál. 2010). Esta proteína es sometida a varios tratamientos (lavados sucesivos, refinación, prensado, adición de crio protectores y congelación) para su preservación. Dentro de las propiedades más sobresalientes están su gran capacidad de retención de agua, que permite obtener cualquier textura deseable en los productos a base de surimi; otras propiedades son la formación de geles de alta firmeza, elasticidad, dispersión, cohesividad y su alta propiedad como estabilizador de emulsiones (Barreto y Beirao 1999).

La producción de surimi es una alternativa útil en países con problemas de desnutrición siendo un producto que no presenta el sabor característico a pescado. Se resalta que el surimi es una materia prima que puede servir de base para la elaboración de una amplia gama de productos y puede ser moldeado en la forma deseada (Feltos et ál. 2010).

Aceite de pescado

Según la Cámara de Comercio Hispano-Islandesa (2005), la elaboración de aceite de pescados para consumo humano proviene principalmente de bacalao y tiburón, destacando que su producción está sujeta al cumplimiento de los estándares sanitarios. Valenzuela y Sanhueza (2009) afirman que este tipo de aceites tiene alta demanda por su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados del tipo Omega-3.

Utilización de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en galletas de sal para consumo humano

El grupo de Nutrición y Dietética de la Universidad Nacional de Colombia (Chicunque, 2014) realizaron el desarrollo de un producto funcional o fortificado, con harinas obtenidas de coproductos (cabezas esqueletos y recortes) de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (Osorio et ál. 2013). Para el desarrollo de este producto, los investigadores caracterizaron el color, aroma y textura de las harinas de los coproductos (materia prima). Posteriormente, realizaron pruebas de evaluación funcional utilizando diferentes medios de dispersión como: agua fría, tibia, caliente y aceite; finalmente las harinas fueron incluidas como materia prima de galletas de sal, a las cuales le realizaron evaluación organoléptica para medir el sabor, color, olor, textura y apariencia física.

En la evaluación sensorial de las galletas de sal con harinas de coproductos de la industria acuícola, encontraron que la característica de sabor de todas las muestras mostro una residualidad de pescado, el cual sugirieron que podría mejorarse añadiendo especias u otro ingrediente que pudieran enmascararlo. En la característica de color encontraron que es necesario hornear durante más tiempo las galletas obtenidas, para mejorar la apariencia de “*doradas*”, lo cual no tiene relación con la inclusión de las harinas de coproductos. El olor de las galletas fue una variable que fue establecida como aceptable sin mayor detalle y la textura fue una variable calificada como aceptable con sugerencias de disminuir el tamaño de las partículas, ya que en las galletas se evidenciaron trozos de esqueleto y otros componentes de los coproductos de color rojo o negro según la especie utilizada. Se concluyó que la muestra con mayor aceptación en general fue la harina de esqueleto de tilapia en represa.

1.7. Conclusiones

La implementación de nuevas tecnologías para el uso de los coproductos de la industria acuícola contribuye al cuidado del medio ambiente, da una mejor utilización a estos recursos antes eliminados, genera valor agregado, por medio de la utilización de nuevas materias primas y diversificación de mercados. Se destaca la existencia de diversas alternativas para el aprovechamiento de los coproductos generados de la industria acuícola.

La implementación de coproductos de la industria acuícola como materias primas para alimentos de consumo animal o humano, puede lograr el enriquecimiento nutricional de

diversos alimentos y al mismo tiempo puede permitir un mayor acceso de estos recursos a más poblaciones

1.8. Bibliografía

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999a. Departamento de pesca y acuicultura. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Salazar Ariza, G. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [Internet]. Roma. 2005. [Citado 2012 febrero]. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999b. Departamento de pesca y acuicultura. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. Dinamarca. [Internet]. [Citado 2012 febrero]. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/V7180S/v7180s05.htm>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2005. Fisheries y Aquaculture topics. Vitamins y minerals. Topics Fact Sheets. Text by Lahsen Ababouch. Roma [Internet]. [Citado 2012 Abril]. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/topic/14827/en>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012 (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura. Roma: FAO. 230p.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, oportunidades y desafíos 2014. (SOFIA). Departamento de pesca y acuicultura. Rome: FAO. 274p.
- Adeleke RO, Odedeji JO. 2010. Acceptability studies on bread fortified with tilapia fish flour. *Pakistan J Nutr.* 9(6):531-534.
- Alcuri SD, Henry FC. Almôndegas de peixe com aproveitamento de subprodutos do processamento de filetagem. En: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica (INIC); 2009 octubre 29, p. 3.
- Barreto PLM, Beirão LH. 1999. Influência do amido e carragena nas propriedades texturais de surimi de tilápia (*Oreochromis sp.*). *Ciênc Tecnol Aliment.* 19(2):183-188.
- Bonilla SP, de la Pava ML. 2013. Desarrollo de Estrategias para el incremento del consumo de pescados y mariscos provenientes de la acuicultura de Colombia, como alternativa viable de comercialización en el mercado doméstico. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP – FAO. 129p.
- Boscolo WR, Hayashi C, Feiden A, Meurer F, Signor A. 2005a. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias como fonte de proteína e minerais para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) *R Bras Zootec.* 34(5):1425-1432.

- Boscolo WR, Hayashi C, Meurer F, Feiden A, Bombardelli RA. 2004. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. R Bras Zootec. 33(1):8-13.
- Boscolo WR, Signor A, Feiden A, Signor AA, Schaefer L, Reidel A. 2005b. Farinha de resíduos da filetagem de tilápia em rações para alevinos de piaçu (*Leporinus macrocephalus*) R Bras Zootec 34(6):1819-1827.
- Boscolo WR, Signor AA, Coldebella A, Bueno GW, Feiden A. 2010. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Ciência Agronômica. 41(4):686-692.
- Cámara de Comercio Hispano-Islandesa. 2005. Aceite de Pescado en Islandesa. 15 p [Online]. [Citado 2012 Abril]. Disponible en http://www.camaravigo.com/dmdocuments/aceite_pescado_Islandia.pdf.
- Carranza CC. 1999. Compatibilidad ambiental de la industria de harina de pescado en Paracas - Pisco. Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. geogr. 11(3):119-134.
- Carrero J, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza J, López-Huertas E. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. Nutr. Hosp. 20(1):63-69.
- Casas R, González FV, Martínez T, García E, Peña BV. 2009. Sostenibilidad y estrategia en agroecosistemas campesinos de los valles centrales de Oaxaca. Agrociencia. 43(3):319-331.
- Chicunque LJA. 2014. Propuesta desarrollo de un alimento funcional con características nutricionales especiales a partir de harinas de coproductos de pescado. [Tesis de pregrado]. [Bogotá, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Conchillo A. 2006. Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga. Nutr Hosp 21(3):369-373.
- Coradini MF, Franco MLRS, Verdi R, Souza B. 2013. Análise sensorial de palito de cebola elaborado com inclusão de farinha aromatizada a partir de carcaças de *tilápia do Nilo*. In: IV Simpósio de Gestão do Agronegócio e IV Mostra de Trabalhos Científicos - PET/Zootecnia/UEM; 2013 agosto 21-23, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, p. 8.
- ENSIN 2005. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional. Instituto Colombiano de Bienestar familiar. 25 p. [Citado 2012 febrero]. Disponible en <https://www.icbf.gov.co>.
- ENSIN 2010. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional. Instituto Colombiano de Bienestar familiar. 25 p. [Citado 2012 febrero]. Disponible en <https://www.icbf.gov.co>.
- Feltes MMC, Correia JFG, Beirão LH, Block JM, Ninow JL, Spiller VR. (2010) Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. Rev Bras Eng agríc ambient. 14(6):669-677.

- Galan GL, Franco MLRS. 2010. Farinha de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos: desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência óssea. [Tesis de maestría]. [Estado do Paraná, Brasil] Universidade Estadual de Maringá.
- García JA, Núñez FA, Chacón O, Alfaro RH y Espinosa MR. 2004. Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. Mexico. Hidrobiológica. 14(1):19-26.
- Godoy LC, Franco MLRS, Franco NP, Silva AF, Assis MF, Souza NE, Matsushita M, Visentainer JV. 2010. Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar. Ciênc Tecnol Aliment. 30(1):86-89.
- IndexMundi. Harina de pescado Precio Mensual, Peso Colombiano por tonelada. [Internet]. [Consultado 2013 septiembre]. Disponible en: <<http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado&meses=120>>.
- Industria acuícola. 2012. La producción acuícola crece a ritmo sostenido. Industria acuícola. [Internet]. 8 (1). Disponible en: http://www.industriaacuicola.com/notices_2012/febrero/feb17/feb17_not13.htm.
- Kimura KS, Franco MLRS, Verdi R, Coradini M. 2013. Alfajor com inclusão de mix desidratado de Salmão e Tilápia: Elaboração e Aspectos Sensoriais. In: IV Simpósio de Gestão do Agronegócio e IV Mostra de Trabalhos Científicos - PET/Zootecnia/UEM; 2013 agosto 21-23, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, p. 9.
- Kochenborger JBF, João RB, Rodrigues LA, Perez THF, Sakomura NK. 2007. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). Acta Scientiarum. 29(3):339-344.
- Maigualema MA, Gernat AG. 2003. The effect of feeding elevated levels of tilapia (*Oreochromus niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. International Journal of Poultry Science. 2(3):195-199.
- Marques MS, Rodrigues LB, Carmo JL, Júnior WB, Patez C. 2004. Aproveitamento integral do pescado com ênfase na higiene, manuseio, cortes, salga e defumação. En: 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária; 2004 septiembre. 12 - 15. Belo Horizonte. p. 8.
- Merino MC, Bonilla SP, Bages F. 2013. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia (AUNAP-FAO). Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Secretaria Técnica Nacional Cadena de la Acuicultura. Datos estadísticos de la acuicultura en Colombia 2000 – 2011. 5 p.
- Osorio A, Wills A, Muñoz AP. 2013. Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia [Characterization of byproducts from the filleting industry of

- Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Colombia]. *Rev Fac Med Vet Zoot.* 62(3): 182-195.
- Petenuci ME, Stevanato FB, Morais DRd, Santos LP, Souza NE, Visentainer JV. 2010. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. *Ciênc agrotec Lavras.* 34(5):1279-1284.
- Pinheiro LM, Martins RT, Pinheiro LA, Pinheiro LE. 2006. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*). *Arq Bras Med Vet Zootec* 58(2):257-262.
- Pinto GG, Vieira AJ, Veloso CM, Ferreira F, Aparecida BM. 2006. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-Nilo. *R Bras Zootec.* 35(1):126-130.
- Rahman M, Al-Waili H, Guizani N, Kasapis S. 2007. Instrumental-sensory evaluation of texture for fish sausage and its storage stability. *Fisheries Science.* 73:1166-1176.
- Shaviklo GR, Olafsdottir A, Sveinsdottir K, Thorkelsson G, Rafipour F. 2011 Quality characteristics and consumer acceptance of a high fish protein puffed corn-fish snack. *J Food Sci Technol* 48(6):668–676.
- Souza B, Franco MLRS, Verdi R, Kimura KS. 2013. Bolo de espinafre com inclusão de diferentes níveis de mix desidratado de carcaça de Salmão e Tilápia. In: IV Simpósio de Gestão do Agronegócio e IV Mostra de Trabalhos Científicos - PET/Zootecnia/UEM; 2013 agosto 21-23, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, p. 7.
- Souza ML, Freire TC. 2001. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. *Acta Scientiarum.* 23(4):897-901.
- SustainAqua. 2009. Manual de acuicultura sostenible. Propuesta integrada para una acuicultura continental sostenible y saludable. Madrid, España.
- Valenzuela B, Sanhueza J. 2009. Aceites de origen marino: su importancia en la nutrición y en la ciencia de alimentos. *Rev Chil Nutr.* 36(3):246–257.
- Vidotti RM, Gonçalves GS. 2006. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. Instituto de Pesca. 2006. [Internet]. [Consultado 2012 marzo]. Disponível em: www.pesca.sp.gov.br.
- Vieira VI, Franco MLRS, Silva EP, Abreu BB. Composição química e análise microbiológica de biscoitos de polvilho azedo com diferentes níveis de inclusão de farinha de peixe. In: IV Simpósio de Gestão do Agronegócio e IV Mostra de Trabalhos Científicos - PET/Zootecnia/UEM; 2013 agosto 21-23, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, p. 10.
- Vignesh R, Srinivasan M. 2012. Nutritional quality of processed head and bone flours of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters 1852) from Parangipettai estuary, South East Coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* S368-S372.

2. Capítulo 2: Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia

CHARACTERIZATION OF BYPRODUCTS FROM THE FILLETING INDUSTRY OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) AND RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) IN COLOMBIA

2.1. Resumen

La industria del fileteado de tilapia y trucha genera cantidades significativas de coproductos, de los cuales no existe suficiente información disponible sobre su composición y calidad. Esta investigación determinó algunos componentes nutricionales y microbiológicos de coproductos obtenidos en plantas exportadoras de filetes de tilapia nilótica y trucha arcoíris en Colombia. El esqueleto mostró el mayor aporte de cenizas (tilapia: $14,12 \pm 0,16\%$; trucha: $6,18 \pm 0,06\%$), calcio (tilapia: $5,70 \pm 0,04\%$; trucha: $1,72 \pm 0,08\%$) y fósforo (tilapia: $1,89 \pm 0,06\%$; trucha: $0,84 \pm 0,03\%$), mientras que los recortes presentaron la mayor concentración de extracto etéreo (tilapia: $30,10 \pm 0,58\%$; trucha: $17,50 \pm 0,51\%$) y la carne mecánicamente separada, los mayores contenidos de humedad (tilapia: $70,38 \pm 0,18\%$; trucha: $72,93 \pm 0,3\%$) y proteína (tilapia: $14,32 \pm 0,03\%$; trucha: $18,88 \pm 0,05\%$). El mayor aporte de ácidos grasos polinsaturados (AGPI), como porcentaje del total de ácidos grasos identificados, se encontró en esqueleto de tilapia (17,27%) y en recortes de trucha (32,68%), con las mejores relaciones n6/n3 de 2,67 y 0,71, respectivamente. En general, los coproductos estudiados cumplieron con los estándares microbiológicos exigidos por la normatividad colombiana (Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social) que establece *los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano*. Los resultados muestran que los coproductos estudiados contienen un importante aporte de proteína,

cenizas, ácidos grasos poliinsaturados, relación n6/n3 y adecuada calidad microbiológica, con potencial para alimentación humana o animal.

Palabras claves: cabezas, composición química, esqueletos, recortes, subproductos.

2.2. Abstract

The filleting industry of aquaculture generates a great amount of byproducts. There is not enough information available about their composition and quality. The objective of this research was to determine the byproducts nutritional composition and microbiological quality from the fillets exported industry of Nile tilapia and rainbow trout in Colombia. The main byproducts were: the skeleton, trimming, debone mechanical meat and heads. The skeleton showed a high amount of ashes (tilapia: $14,12 \pm 0,16\%$; trout: $6,18 \pm 0,06\%$), calcium (tilapia: $5,70 \pm 0,04\%$; trout: $1,72 \pm 0,08\%$) and phosphorus (tilapia: $1,89 \pm 0,06\%$; trout: $0,84 \pm 0,03\%$), meanwhile the trimmings had the highest concentration of lipids (tilapia: $30,10 \pm 0,58\%$; trout: $17,50 \pm 0,51\%$); the mechanically deboned meat, had the higher moisture content (tilapia: $70,38 \pm 0,18\%$; trout: $72,93 \pm 0,3\%$) and protein (tilapia: $14,32 \pm 0,03\%$; trout: $18,88 \pm 0,05\%$) and finally the heads show an average composition. The highest contribution of polyunsaturated fatty acids (PUFA) as a percentage of total fatty acids, was found in the skeleton of the tilapia (17,27%) and trout trimmings (32,68%), with a ratio n6/n3 of 2,67 y 0,71 respectively. In general, byproducts analyzed met the microbiological standards required by Colombian government, in resolution 122/2012 - Ministry of Social Welfare and Health. The results show that this product studied could be an important source of protein, ash, polyunsaturated fatty acids with an appropriate microbiological quality, with potential use for human food or animal feed.

Key words: Head, chemical composition, skeleton, trimmings, byproducts.

2.3. Introducción

En Colombia, el sector acuícola experimenta una evolución significativa con un crecimiento promedio anual de 12% durante los últimos años (Merino et ál. 2013) y un consumo per cápita de 4,54 kg/persona/año. Según el diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia, en el año 2011 la producción nacional acuícola fue de 83.569 t, y de ésta, la piscicultura representó el 89,7% con 74.159 t, de las cuales la tilapia aportó el 65,21% y la trucha 7,58% de la producción (Merino et ál. 2013). La Secretaría Técnica Nacional de la Cadena de la Acuicultura del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2011) destacaron que las exportaciones nacionales alcanzaron las 4.032 t enfocadas exclusivamente en la producción de filete fresco de tilapia (92,71%) y trucha congelada en filete o corte mariposa (7,29%).

Según la FAO (2012), los productos de la acuicultura son una importante fuente de nutrientes esenciales que permiten obtener una nutrición equilibrada y saludable. La acuicultura es y ha sido una importante fuente de proteína animal de alto valor biológico (Vignesh y Srinivasan 2012) y bajo contenido de grasa (Hellberg et ál. 2012). Así mismo, los productos acuícolas presentan un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de tipo omega-3, como los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), los cuales no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y deben ser obtenidos a través de la dieta (Valenzuela et ál. 2011). El consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) del tipo omega-3 ha sido ampliamente documentado por sus propiedades antiinflamatorias, reducción de incidencia y muerte por enfermedades cardiovasculares, neurológicas e inmunológicas, mejora visual, favorece el desarrollo del feto durante la gestación, entre otros beneficios (Carrero et ál. 2005). Finalmente, cabe destacar que los productos acuícolas son, además, una importante fuente de vitaminas (A, complejo B y D) y minerales como calcio (Ca), hierro (Fe), fósforo (P), selenio (Se), yodo (I) y zinc (Zn) (Cruz et ál. 2012).

Cabe destacar que el peso del filete corresponde entre el 30 y el 50% del peso del pescado completo, lo cual varía de acuerdo con la especie y el tamaño (Feltres et ál. 2010; Maigualmente y Gernat 2003; Petenuci et ál. 2010; Pinheiro et ál. 2006; Souza y Freire 2001). De acuerdo con lo anterior, es preciso resaltar que un alto porcentaje del pescado procesado se considera “coproductos” y está conformado por cabezas, esqueletos, recortes y carne mecánicamente separada (50 - 70%) (Petenuci et ál. 2010). Los anteriores recursos poseen un bajo o nulo valor comercial, por lo que, en algunas ocasiones se descartan de manera indiscriminada, lo que ocasiona serios problemas ambientales y pérdidas económicas a los productores (Feltres et ál. 2010; Godoy et ál. 2010; Kotzamanis et ál. 2001).

Finalmente, se enfatiza que en diversos países se ha empezado a contemplar estos coproductos de bajo valor comercial, como recursos o materias primas de utilidad para alimentación humana y/o animal por su aporte nutricional (Feltres et ál. 2010). Así, el objetivo de esta investigación fue caracterizar, nutricional y microbiológicamente, los principales coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris, buscando alternativas para alimentación humana y/o animal.

2.4. Materiales y métodos

Muestreo de coproductos

Los coproductos utilizados procedieron de dos granjas productoras de tilapia nilótica (una en jaulas flotantes y otra en estanques de tierra) y de dos de trucha arcoíris (una en jaulas flotantes y otra en estanques de cemento), que contaban con certificación del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), ente encargado de controlar la calidad y seguridad de los alimentos y materias primas en Colombia. Las granjas de procedencia de los coproductos se encontraban ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Huila en Colombia. La selección y envío de los coproductos se realizó el mismo día de sacrificio de los animales, con posterior envío a la ciudad de Bogotá, conservando la cadena de frío hasta el lugar de procesamiento y análisis.

Los coproductos caracterizados fueron: cabezas, esqueletos, carne mecánicamente separada y recortes del fileteado. A cada empresa productora se le solicitaron 5 kg congelados de cada coproducto, empacados de manera individual y debidamente etiquetados. En total se recolectaron y almacenaron 15 muestras, que se preservaron hasta los análisis posteriores en un congelador horizontal Friomix® (-10°C). Los coproductos recolectados correspondieron a:

- Cabeza: cabeza del pescado, incluidas las branquias y aletas pectorales.
- Esqueleto: huesos de la columna vertebral, desde el área posterior de la cabeza hasta la aleta caudal, a los cuales se les retiró el filete (las porciones laterales de carne magra del pescado) y el remanente de carne adherida a los huesos (o carne mecánicamente separada, CMS) por medio de procesos mecánicos.
- Recortes: porciones residuales del corte realizado al filete que se ha efectuado con el objeto de lograr la presentación requerida por el mercado. El corte comprende la extracción de las espinas intermusculares que son retiradas del filete; así mismo incluyen una porción grasa de la parte ventral y algunas porciones de músculo de las partes dorsal y laterales del filete.
- Carne mecánicamente separada (CMS): componente cárnico comestible que se encuentra adherido a los huesos de la columna vertebral, el cual se obtiene por medio de procesos mecánicos de separación de estos tejidos.

Preparación y acondicionamiento de las muestras de coproductos

Las muestras congeladas se molieron en la Planta de Salsamentaría del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia. Cada coproducto fue molido individualmente en un molino de carnes (Javar® Modelo M32-MRH). Cuando fue necesario, las muestras fueron cortadas previamente con una sierra sin fin (Tor-Rey® Modelo ST-295-AI3T) para disminuir el tamaño de la muestra antes de la molienda.

Análisis químicos

Fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Posteriormente a la molienda se realizó la liofilización de 200 g por muestra en un equipo Christ LCG®, modelo D37520, durante 24 h a -51°C y presión de 0,010 mbar. A continuación se calculó la primera materia seca por diferencia gravimétrica. Las muestras liofilizadas fueron molidas en micromolino IKA®A 11 Basic para posteriores análisis.

El análisis proximal fue desarrollado de acuerdo con los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2005). La segunda materia seca (materia seca en condiciones de laboratorio) de la muestra se determinó mediante secado de 1 g de muestra a 135°C por 2 h (AOAC 2005, 934.01), en horno sin circulación de aire (Memmert® modelo Schutzart DIN 40050-IP-20). La proteína bruta se determinó multiplicando el factor 6,25 por el contenido de nitrógeno de la muestra (AOAC 2005, 2001.11). La determinación de extracto etéreo se realizó por el método de Soxhlet (AOAC 2005, 2003.05) en un equipo extractor de grasa Büchi Extraction System B® - 811. El porcentaje de cenizas se determinó por medio del método de calcinación, llevando la muestra a mufla, a 550°C por 16 h (AOAC 2005, 942.05).

La determinación de fósforo se realizó a partir del residuo de cenizas mediante espectrofotometría visible en longitud de onda de 400 nm (AOAC 2005, 965.17), en un espectrofotómetro UV mini 1240 Shimadzu. La determinación de Ca se realizó a partir del residuo de cenizas por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC 2005, 968.08) en un equipo AA-680 Shimadzu®. La energía bruta se determinó por medio de la combustión total de la muestra con exceso de oxígeno en bomba calorimétrica bajo condiciones estandarizadas sugerido por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2011) en un equipo Parr® 6200 calorimeter.

La determinación del perfil de ácidos grasos (AG) de los coproductos se llevó a cabo a través de cromatografía de gases en el Laboratorio de Toxicología Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, utilizando 4 g de muestra liofilizada a la cual se le realizó la extracción de lípidos en solución cloroformo: metanol 2:1 (Folch et ál. 1957). Una alícuota de 50 µl de solución de lípidos de los coproductos fue esterificada con el reactivo de metil esterificación Meth-Prep II® (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA) para producir los metil-ésteres de los AG. Los ésteres de metilo se cuantificaron en cromatógrafo de gases Shimadzu® GC 14^a. Posteriormente, los ésteres de metilo de los AG fueron identificados por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de AG (Supelco® 37 component Fame Mix, Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA). La composición de AG se expresó como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados.

Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, de acuerdo con el Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano (INVIMA 1998). Se determinó el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales, detección de *E. coli*, UFC de *Staphylococcus coagulasa* positiva y detección de *Salmonella*.

Análisis de los datos

Se implementó un estudio descriptivo que permitió la caracterización de los coproductos de la industria acuícola. Los resultados de composición química, minerales y energía se obtuvieron a partir del análisis de una muestra de cada coproducto, a la cual se le realizaron repeticiones hasta obtener un coeficiente de variación menor al 5% (valor estándar de variabilidad permitido para los resultados en el laboratorio donde se ejecutaron los análisis). La determinación de AG se hizo mediante una medición y los análisis de microbiología se ejecutaron por duplicado para la confirmación de los resultados.

2.5. Resultados y discusión

Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de tilapia nilótica

Los resultados de composición química, contenido de Ca y P y aporte de energía bruta de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra) se presentan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).

Sistema productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Energía bruta (kcal/kg)
Tilapia en jaulas flotantes	Cabeza	61,20 \pm 0,40	14,31 \pm 0,03	17,47 \pm 0,74	6,08 \pm 0,16	2,17 \pm 0,29	0,84 \pm 0,04	2531 \pm 28
	Esqueleto (ETJ) ¹	54,50 \pm 0,29	18,39 \pm 0,03	13,26 \pm 0,08	14,12 \pm 0,16	5,70 \pm 0,04	1,89 \pm 0,06	2218 \pm 46
	Recortes (RTJ)	54,33 \pm 1,88	15,04 \pm 0,02	30,10 \pm 0,58	0,74 \pm 0,00	0,05 \pm 0,00	0,09 \pm 0,00	3683 \pm 16
	CMS (CTJ) ²	70,38 \pm 0,18	14,32 \pm 0,02	14,74 \pm 0,12	0,87 \pm 0,01	0,01 \pm 0,00	0,07 \pm 0,00	2171 \pm 47
Tilapia en estanques en tierra	Cabeza	58,93 \pm 1,66	15,47 \pm 0,05	18,61 \pm 0,42	5,71 \pm 0,14	2,05 \pm 0,00	0,72 \pm 0,02	2699 \pm 19
	Esqueleto (ETE) ³	58,56 \pm 0,37	15,14 \pm 0,01	20,72 \pm 0,35	6,16 \pm 0,20	2,18 \pm 0,04	0,81 \pm 0,04	2750 \pm 30
	Recortes (RTE)	56,87 \pm 1,74	17,33 \pm 0,06	24,99 \pm 0,45	1,17 \pm 0,02	0,09 \pm 0,00	0,13 \pm 0,00	3323 \pm 70

¹Esqueleto sin carne; ² CMS: Carne mecánicamente separada; ³Esqueleto con carne.

Actualmente existe poca información disponible acerca de la caracterización de coproductos de la industria acuícola (Vignesh y Srinivasan 2012). Los estudios que hacen referencia a la utilización de estos recursos presentan resultados de la composición química principalmente de harinas (Boscolo et ál. 2010; Maigualema y Gernat 2003; Petenuci et ál. 2010) y no de los coproductos en fresco.

En el presente estudio se pudo evidenciar que el coproducto “cabeza” mostró resultados similares en cuanto a la composición química bajo los dos sistemas de cultivo analizados (jaulas flotantes y estanque en tierra). En el caso del esqueleto de tilapia, las diferencias observadas se deben a que al esqueleto proveniente del sistema de cultivo en jaulas flotantes (ETJ) se le habían retirado previamente los músculos intercostales (CMS), mientras que el esqueleto proveniente de estanques (ETE) tenía este tejido muscular como parte de su composición; aunque se esperaba que el ETJ presentara menor contenido proteico por poseer menor tejido muscular, se encontró que este producto presentó mayor proteína cruda y menor extracto etéreo que los derivados de ETE. Lo anterior indica que el tejido que permanece anexo al esqueleto posterior al fileteado, aporta contenidos significativos de extracto etéreo y no solamente de proteína cruda.

Godoy et ál. (2013) evaluaron 100 esqueletos (con músculo intercostal) de tilapias de cultivo en Paraná-Brasil. Los esqueletos fueron homogeneizados en un procesador de alimentos y analizados, encontrando $68,45 \pm 1,64\%$ de humedad; $14,93 \pm 0,06\%$ de proteína; $7,5 \pm 1,55\%$ de lípidos; $6,31 \pm 0,98\%$ de cenizas; $1,78 \pm 15,23$ mg/100 g de Ca y $5,47 \pm 0,02$ mg/100 g de P. Los datos reportados por los autores difieren principalmente en cuanto humedad, lípidos y contenido de Ca y P, destacando que en ese estudio se encontró un mayor aporte de P respecto al Ca, lo cual es contrario a lo encontrado en el presente estudio. Las anteriores diferencias podrían explicarse por diversos factores como el peso al sacrificio, la dieta o el tipo de corte realizado durante el fileteo.

En el caso de los recortes se observó que la tilapia cultivada en jaulas flotantes (RTJ) presentó mayor contenido de lípidos en comparación con los de tilapia procedente de estanques (RTE), y se halló una relación estrecha con el mayor aporte de energía bruta de RTJ con respecto a la RTE. Lo anterior puede explicarse, según Rocha et ál. (2012), por el manejo dado en cada sistema productivo, donde el cultivo en jaulas flotantes se caracteriza por ser intensivo (Merino et ál. 2013) presentado así una mayor densidad de siembra (más de 10 peces por m²) y cuya nutrición depende totalmente del suministro de alimento balanceado. Lo anterior se traduce en una menor movilidad por parte de los animales, lo que favorece la acumulación de lípidos por menor gasto energético. Finalmente, en el caso de los recortes, es importante destacar que, en los dos sistemas de cultivo analizados, es el recurso con menor contenido de cenizas, Ca y P, lo cual tiene sentido por la ausencia de tejido óseo.

Se observa que la CMS de tilapias en jaulas flotantes (CTJ) presentó un aporte similar de proteína cruda y de extracto etéreo, pero un valor superior de humedad, con respecto a los demás coproductos de su especie, destacando que este recurso presenta un menor

aporte de energía bruta, respecto a los demás coproductos analizados. Valores superiores a los encontrados para humedad (70,38%) y proteína cruda (14,32%) fueron encontrados por Rocha et ál. (2012) para filetes de tilapia nilótica, los cuales fueron evaluados en condiciones similares de manejo y alimentación para dos sistemas productivos (jaulas flotantes y estanques en tierra), en el estado de Espírito Santo de Brasil. En ese estudio los autores encontraron un contenido de $76,78 \pm 1,61\%$ de humedad, $16,27 \pm 1,61\%$ de proteína, $3,17 \pm 1,3\%$ de lípidos y $1,05 \pm 0,11\%$ de ceniza para filetes de tilapia jaulas flotantes.

Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de trucha arcoíris

Los resultados de composición química, contenido de Ca y P, y aporte de energía bruta de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento) se presentan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento).

Sistema Productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Energía bruta (kcal/kg)
Trucha en jaulas flotantes	Cabeza	64,60 ± 0,67	15,62 ± 0,02	15,40 ± 0,57	4,22 ± 0,11	1,12 ± 0,02	0,59 ± 0,01	2328 ± 51
	Esqueleto ¹	62,20 ± 2,03	18,03 ± 0,05	13,14 ± 0,03	6,18 ± 0,06	1,72 ± 0,08	0,84 ± 0,03	2229 ± 44
	Recortes	61,94 ± 0,50	16,89 ± 0,10	17,51 ± 0,51	3,09 ± 0,12	0,48 ± 0,02	0,40 ± 0,01	2612 ± 29
	CMS ²	72,94 ± 0,30	18,40 ± 0,04	7,62 ± 0,14	1,42 ± 0,01	0,09 ± 0,00	0,15 ± 0,00	1691 ± 10
Trucha en tanques de cemento	Cabeza	64,54 ± 0,27	13,29 ± 0,02	17,10 ± 0,17	4,68 ± 0,17	1,28 ± 0,01	1,26 ± 0,06	2344 ± 80
	Esqueleto ¹	62,33 ± 0,01	17,41 ± 0,00	14,35 ± 0,28	5,58 ± 0,23	1,73 ± 0,08	0,80 ± 0,03	2325 ± 40
	Recortes	65,58 ± 0,52	15,66 ± 0,04	14,67 ± 0,13	4,22 ± 0,07	1,25 ± 0,06	0,56 ± 0,02	2195 ± 25
	CMS ²	72,14 ± 0,11	18,88 ± 0,05	8,10 ± 0,04	1,27 ± 0,03	0,06 ± 0,00	0,14 ± 0,00	1829 ± 90

¹Esqueleto sin carne; ² CMS: Carne mecánicamente separada.

Los resultados obtenidos de composición química de cada uno de los coproductos analizados son similares en los dos sistemas de cultivo estudiados (jaulas flotantes y estanques de cemento); las mayores diferencias en composición se presentan al comparar el contenido de humedad y lípidos de los recortes de truchas en jaulas flotantes respecto a las cultivadas en estanques de cemento, como lo evidenciaron Izquierdo et ál. (1999). El mayor aporte de energía bruta para los recortes del sistema de cultivo de jaulas flotantes refleja el mayor contenido de extracto etéreo de este coproducto.

Kotzamanis et ál. (2001) evaluaron el potencial uso de los coproductos del fileteado de trucha arcoíris para alimentación de la especie íctica *Sparus aurata L.* en Atenas, Grecia. Dentro de los coproductos que analizaron se contaban cabezas y esqueletos con músculo intercostal, los cuales fueron evaluados por medio de ocho muestreos mensuales. Para cabezas de trucha encontraron $69,5 \pm 2,8\%$ de humedad; $14,3 \pm 0,38\%$ de proteína; $12 \pm 0,59\%$ de grasa y $3,6 \pm 0,28\%$ de cenizas. Para el caso del esqueleto hallaron $71,4 \pm 1,4\%$ de humedad; $14,7 \pm 1,2\%$ de proteína; $11 \pm 1,1\%$ de grasa y $2,9 \pm 0,42\%$ de cenizas. En el presente estudio se encontraron datos muy cercanos a los reportados por Kotzamanis et ál. (2001), aunque con un menor contenido de humedad y un mayor aporte de extracto etéreo. Las anteriores diferencias podrían explicarse por factores como el peso del animal al sacrificio, los sistemas de manejo y alimentación, y la presencia o no de tejido muscular en el esqueleto, posterior al procesamiento. De manera general, en el presente estudio se encontró que las cabezas y esqueletos de truchas en tanques de cemento presentaron un mayor contenido de Ca y P en comparación con el sistema de cultivo en jaulas flotantes. Para estos mismos recursos se encontraron valores de energía bruta muy similares.

Respecto de los recortes de trucha en jaulas flotantes, se halló un mayor contenido de extracto etéreo y energía bruta en comparación con las truchas cultivadas en estanques de cemento; este último sistema de crianza presentó un mayor aporte de cenizas, Ca y P.

García et ál. (2004) determinaron la composición química del filete fresco de truchas arcoíris con pesos entre 301,9 y 479,5 g en el estado de Chihuahua, México. En dicha investigación estos autores estimaron valores de $75,24 \pm 0,26\%$ de humedad; $20,88 \pm 0,19\%$ de proteína; $2,57 \pm 0,21\%$ de grasa y $1,22 \pm 0,01\%$ de cenizas. Las diferencias respecto al mayor valor de proteína y un menor valor de extracto etéreo podrían deberse a que en el estudio citado se analizaron filetes, los cuales tienden a ser más magros que el resto de la carne del cuerpo del animal. Al igual que lo encontrado en el caso de tilapia, la CMS de trucha presenta el menor contenido de cenizas, Ca, P, extracto etéreo y energía bruta en comparación con los demás recursos analizados.

Perfil de ácidos grasos (AG) de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica

Los resultados del perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica, expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados (jaulas flotantes y estanques en tierra), se presentan en la Tabla 2-3.

TABLA 2-3. Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).

Nomenclatura	Tilapia en jaulas flotantes				Tilapia en estanques en tierra		
	Cabeza	Esqueleto ¹	Recorte	CMS ²	Cabeza	Esqueleto ³	Recorte
C14:0	3,83	3,74	3,83	3,82	3,79	3,84	3,80
C15:0	0,23	0,24	0,21	0,22	0,21	0,21	0,20
C16:0	25,42	25,52	25,24	25,97	27,15	27,16	26,78
C16:1	6,03	6,64	5,86	6,58	0,69	0,72	0,58
C17:0	0,24	0,26	0,20	0,24	0,23	0,22	0,21
C17:1	0,21	0,27	0,19	0,26	0,24	0,25	0,24
C18:0	5,59	5,84	5,74	5,76	7,33	6,62	6,76
C18:1n-9t	0,30	0,40	0,43	0,53	0,60	0,40	0,36
C18:1n-9c	32,99	31,63	33,58	32,40	34,90	36,72	42,11
C18:1n-7	5,64	5,79	5,97	5,82	6,28	5,97	0,06
C18:2n-6c	11,41	11,26	11,58	11,04	11,21	11,11	11,58
C18:3n-6	0,49	0,46	0,55	0,54	0,53	0,59	0,62
C20:1	1,68	1,54	1,63	1,59	1,77	1,89	1,83
C18:3n-3	0,76	0,77	0,75	0,78	0,71	0,72	0,73
C20:2	0,44	0,41	0,38	0,37	0,44	0,06	0,43
C20:3n-6	0,50	0,49	0,50	0,49	0,49	0,50	0,56
C22:1n-9	0,07	0,07	0,00	0,00	0,08	0,07	0,08
C23:0	0,69	0,71	0,62	0,71	0,60	0,45	0,67
C22:2	0,06	0,08	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03
C20:5n-3	0,16	0,30	0,00	0,00	0,11	0,11	0,11
C24:1	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
C22:5n-3	0,62	0,64	0,58	0,59	0,41	0,42	0,39
C22:6n-3	2,60	2,86	2,05	2,18	2,15	1,91	1,81
AGPI	17,04	17,27	16,44	16,05	16,08	15,45	16,26

AGMI	46,98	46,41	47,71	47,23	44,62	46,08	45,31
AGS	36,00	36,31	35,84	36,72	39,31	38,50	38,42
n-3	4,14	4,57	3,38	3,55	3,38	3,16	3,04
n-6	12,40	12,21	12,63	12,07	12,23	12,20	12,76
n6/n3	2,99	2,67	3,73	3,40	3,61	3,86	4,19

1 Esqueleto sin carne; 2 CMS: Carne mecánicamente separada; 3 Esqueleto con carne; AGPI: ácidos grasos polinsaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados; c: cis; t: trans; n-6: ácidos grasos de la familia n-6; n-3: ácidos grasos de la familia n-3.

El presente estudio evidenció, de manera general, que los coproductos analizados, provenientes de los sistemas productivos de tilapia en jaulas flotantes, tienden a contener una mayor cantidad de AGPI y una menor relación n-6/n-3 que los sistemas productivos de cultivos en estanques en tierra. Lo anterior puede explicarse por las diferencias en la composición de las dietas utilizadas, el acceso a alimentos provenientes del medio acuático y las condiciones ambientales de la zona de cultivo, entre otros.

Petenuci et ál. (2010) recolectaron esqueletos de tilapia nilótica provenientes de pesca extractiva en el norte del estado de Paraná- Brasil y analizaron el perfil de AG de la harina obtenida, encontrando 15,72% de AGPI y una relación n-6/n-3 de 8,56. De manera similar, Godoy et ál. (2013) estudiaron esqueletos de tilapia nilótica y hallaron contenidos de 20,95% de AGPI y relación n-6/n-3 de 10,94. Los datos reportados en el presente estudio muestran variaciones respecto a los estudios anteriores, los cuales pueden estar explicados por las diferencias en los sistemas de alimentación, la edad de los animales, la variedad de la especie que se cultivó, entre otros.

Perfil de ácidos grasos (AG) de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris

Los resultados del perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris, expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados (jaulas flotantes y estanques de cemento), se presentan en la Tabla 2-4.

TABLA 2-4. Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento), expresados como porcentaje de cada ácido graso, frente al total de AG identificados.

Nomenclatura	Trucha en jaulas flotantes				Trucha en estanques de cemento			
	Cabeza	Esqueleto ¹	Recorte	CMS ²	Cabeza	Esqueleto ¹	Recorte	CMS ²
C14:0	3,04	2,90	3,12	3,63	2,79	2,90	2,59	2,91
C15:0	0,36	0,35	0,38	0,38	0,40	0,42	0,38	0,40
C16:0	20,41	20,42	21,44	28,6	19,89	20,94	19,65	21,93
C16:1	5,68	5,40	6,70	7,21	5,96	5,66	5,76	6,13
C17:0	0,37	0,38	0,39	0,51	0,42	0,43	0,39	0,40
C17:1	0,22	0,25	0,29	0,37	0,29	0,32	0,29	0,24
C18:0	6,14	5,94	6,50	7,69	6,39	6,49	5,90	6,44
C18:1n-9t	0,20	0,36	0,17	0,50	0,07	0,17	0,07	0,06
C18:1n-9c	25,33	23,76	27,35	30,6	26,12	24,95	24,38	26,00
C18:1n-7	4,98	4,25	4,91	5,71	4,89	4,75	4,46	4,60
C18:2n-6c	14,24	14,11	13,4	8,13	12,78	12,76	12,48	12,52
C18:3n-6	0,29	0,31	0,24	0,36	0,18	0,25	0,27	0,26
C20:1	1,51	1,51	1,52	1,70	1,34	1,21	1,37	1,29
C18:3n-3	1,24	1,45	1,23	0,61	1,18	1,21	1,27	1,06
C20:2	0,57	0,58	0,69	0,61	0,53	0,49	0,51	0,29
C20:3n-6	0,59	0,61	0,53	0,00	0,44	0,46	0,48	0,49
C22:1n-9	0,16	0,41	0,16	0,00	0,12	0,13	0,16	0,11
C23:0	1,11	1,52	1,02	0,44	1,27	1,28	1,71	1,22
C22:2	0,19	0,29	0,19	0,00	0,19	0,20	0,28	0,19
C20:5n-3	2,58	2,93	1,96	0,92	2,54	2,60	2,95	2,41
C24:1	0,22	0,38	0,15	0,54	0,28	0,32	0,19	0,21
C22:5n-3	0,92	0,96	0,90	0,19	0,95	0,97	0,97	0,87
C22:6n-3	9,65	10,92	6,78	1,37	10,97	11,07	13,47	9,99
AGPI	30,27	32,16	25,92	12,19	29,76	30,01	32,68	28,08
AGMI	38,30	36,32	41,25	46,62	39,07	37,51	36,68	38,64
AGS	31,43	31,51	32,85	41,20	31,16	32,46	30,62	33,30
n-3	14,39	16,26	10,87	3,09	15,64	15,85	18,66	14,33
n-6	15,12	15,03	14,17	8,49	13,40	13,47	13,23	13,27
n6/n3	1,05	0,92	1,30	2,74	0,85	0,85	0,71	0,92

1 Esqueleto sin carne; 2 CMS: Carne mecánicamente separada; AGPI: ácidos grasos polinsaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados; c: cis; t: trans; n-6: ácidos grasos de la familia n-6; n-3: ácidos grasos de la familia n-3.

En contraste con lo reportado en tilapia nilótica, los sistemas productivos de trucha en estanques de cemento exhibieron mayor cantidad de AGPI y menor relación n-6/n-3 que los sistemas productivos de cultivo en jaulas flotantes, lo cual puede deberse a la diferencias en la composición de las dietas utilizadas, el acceso a alimentos provenientes del medio acuático y las condiciones ambientales de la zona de cultivo, entre otros.

Usydus et ál. (2011) evaluaron el perfil de AG del músculo de diez especies comerciales ícticas en Polonia, entre las que se encontraban trucha arcoíris de cultivo y tilapia nilótica importada de China. El estudio reporta que el 46,3% de los AG en trucha correspondió a AGPI, con una relación n-6/n-3 de 0,23; en el caso de la tilapia hallaron que el 31,1% correspondió a AGPI con una relación n-6/n-3 de 2,18. Los autores hallaron que la trucha fue la especie que presentó el mayor contenido de EPA y DHA, recomendando consumir dos porciones de 200 g de trucha semanalmente, especialmente para personas con problemas cardiovasculares. En el mismo estudio, la tilapia exhibió el menor contenido de AGPI versus las demás especies analizadas, lo cual según los autores, se explica en el origen de la especie (cultivo en agua dulce) y tipo de alimentación. Previamente, Toppe et ál. (2007) reportaron contenidos de AGPI para huesos de cabeza y esqueleto de trucha de 29,37% y relación n-6/n-3 de 0,14. En el presente estudio se encontraron valores inferiores de AGPI y mayor relación n-6/n-3 frente a los valores reportados por Usydus et ál. (2011) en las dos especies analizadas. Así mismo, Toppe et ál. (2007) reportaron en la trucha una menor concentración de AGPI y menor relación n-6/n-3, en comparación con lo encontrado en la presente investigación.

Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris

Los resultados del análisis microbiológico de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (jaulas flotantes, estanques en tierra y estanques de cemento) se presentan en la Tabla 2-5.

TABLA 2-5. Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (jaulas flotantes, estanques en tierra y taques de concreto).

Sistema productivo	Coproducto	NMP ¹ Coliformes totales UFC/g o ml ²	NMP ¹ Coliformes fecales UFC/g o ml ²	<i>Estafilococo coagulasa</i> (+) UFC/g o ml ²	Detección de <i>Salmonella</i> en 25g de muestra
	Valores de referencia	10-400 (INVIMA, 1998)	10-400 (INVIMA, 1998)	22500 (ICTA)	Ausencia total (INVIMA, 1998)
Tilapia en jaulas flotantes	Cabeza	20	<3	<100	Negativo
	Esqueleto ³	7	7	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
	CMS ⁴	28	28	<100	Positivo
Tilapia en estanques en tierra	Cabeza	4	<3	<100	Negativo
	Esqueleto ⁵	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<10	Negativo
Trucha en jaulas flotantes	Cabeza	<3	<3	<100	Negativo
	Esqueleto ³	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
	CMS ⁴	<3	<3	<100	Negativo
Trucha en estanques en cemento	Cabeza	<3	<3	<100	Negativo
	Esqueleto ³	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
	CMS ⁴	<3	<3	<100	Negativo

¹ Los valores expresados en NMP/g o ml (Número más probable por gramo o mililitro); ² UFC/g o ml (Unidades formadoras de colonia por gramo o mililitro); ³ Esqueleto sin carne; ⁴ CMS: Carne mecánicamente separada; ⁵ Esqueleto con carne.

En el presente estudio se encontró que la mayoría de los recursos analizados cumplieron con los lineamientos establecidos por la Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, en la cual se establecen los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca para consumo humano. No obstante, la CMS de tilapia en jaulas flotantes presentó *Salmonella*, contaminación debida posiblemente a una mayor manipulación en la planta de proceso para la obtención de este coproducto, lo que limita su utilización y sobre la cual se deben tomar las medidas pertinentes con miras a evitar que esto suceda.

De igual manera, otros estudios han señalado que los coproductos de la acuicultura cumplen con los requerimientos microbiológicos establecidos por la normatividad, como lo encontraron Petenuci et ál. (2010) en harina de esqueletos de tilapia y Kotzamanis et ál. (2001) en coproductos del fileteado de trucha arcoíris.

Cabe destacar que los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris, deben empezar a considerarse en Colombia como recursos de valor nutricional significativo por su alto aporte de proteína, lípidos y cenizas. Es evidente la necesidad de continuar con investigaciones adicionales que permitan un mayor conocimiento de la composición de los coproductos fresco de la acuicultura, con miras a generar nuevas tecnologías de utilización de estos productos en diversos recursos para alimentación humana y/o animal.

2.6. Conclusiones

Los coproductos de tilapia nilótica y trucha arcoíris (cabeza, esqueleto, CMS y recortes) caracterizados en el presente estudio, mostraron ser un recurso con alto potencial alimenticio, por su aporte proteico, energético y como fuentes de cenizas, Ca y P. Así mismo, la mayoría de éstos cumplieron con los requerimientos microbiológicos establecidos por la normatividad nacional para consumo humano y/o animal. Donde es importante tener mayor control y seguimiento en la manipulación de los coproductos, para evitar la contaminación microbiana, durante la obtención y procesamiento de los mismos.

De manera general, fue evidente que los coproductos de trucha presentaron un perfil de AGPI que podría ser muy beneficioso para la salud especialmente por sus relaciones $n6/n3$, las cuales estuvieron entre rangos de 0,71 a 2,74. Por otra parte los coproductos de tilapia (cabezas y esqueletos) presentaron un gran potencial como fuentes de Ca y P. Se resalta que, dependiendo del sistema de cultivo empleado (jaulas flotantes o estanques de tierra o cemento), la composición de un mismo coproducto puede variar ampliamente en cada especie. Finalmente, se destaca que la utilización de estos recursos de bajo costo, podría resultar en una disminución de la contaminación ambiental gracias a una adecuada disposición final.

2.7. Agradecimientos

A la Dirección de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (DIB) por el apoyo financiero para la ejecución de la investigación. A Colciencias y al Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores 'Virginia Gutiérrez de Pineda' por el apoyo económico para el desarrollo del proyecto de investigación. A la profesora Nhora María Martínez Rueda por su acompañamiento en el manejo de los datos. A los integrantes del grupo de investigación UN-ACUICTIO por su apoyo y colaboración en el desarrollo de las actividades de investigación.

2.8. Referencias

- [AOAC] Association Official Analytical Chemists. 2005. Official methods of analysis. 18th. ed. Washington: Aoac.
- Boscolo WR, Signor AA, Coldebella A, Wolff G, Feiden A. 2010. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Ciênc. Agron. 41:686-692.
- Carrero J, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza J, López-Huertas E. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. Nutr. Hosp. 20(1):63-69.
- Cruz N, Cruz P, Suárez H. 2012. Characterization of the nutritional quality of the meat in some species of catfish: A review. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 65(2):6799-6709.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Quality assurance for animal feed analysis laboratories. FAO Animal Production and Health Manual. N°. 14. Roma: FAO. 193 p.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012 (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura. Roma: FAO. 230p.
- Feltes M, Correia J, Beirão L, Block J, Ninow J, Spiller V. 2010. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 14(6):669-677.
- Folch J, Lees M, Sloane G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-507.
- García JA, Núñez FA, Chacón O, Alfaro RH, Espinosa MR. 2004. Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. Hidrobiológica. 14(1):19-26.
- Godoy LC, Franco MLRS, Franco NP, Silva AF, Assis MF, Souza NE, Matsushita M, Visentainer JV. 2010. Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha

de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas. 30(Supl.1):86-89.

Godoy LC, Franco MLRS, Souza NE, Stevanato FB, Visentainer JV. 2013. Development, preservation, and chemical and fatty acid profiles of Nile tilapia carcass meal for human feeding. J Food Process Pres. 37:93-99.

Hellberg RS, Mireles DeWitt CA, Morrissey MT. 2012. Risk-benefit analysis of seafood consumption: A review. Compr Rev Food Sci F. 11:490-517.

Industria Acuícola - Acuicultura y Negocios de México. 2012. Colombia: La producción acuícola crece a ritmo sostenido. Industria Acuícola [Internet]. 8(1). [Citado 2013 agosto 24]. Disponible en:http://www.industriaacuicola.com/notices_2012/febrero/feb17/feb17_not13.htm

[Invima] Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. 1998. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá, Colombia: Invima. 25 p.

Izquierdo P, Torres G, González E, Barboza Y, Márquez E, Allara M. 1999. Composición de ácidos grasos y contenido de humedad en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. Revista Científica FCV-LUZ. 9:463-468.

Kotzamanis YP, Alexis MN, Andriopoulou A, Castritsi-Cathariou I, Fotis G. 2001. Utilization of waste material resulting from trout processing in gilthead bream (*Sparus aurata* L.) diets. Aquac Res. 32(Suppl. 1):288-295.

Maigualema MA, Gernat AG. 2003. The effect of feeding elevated levels of tilapia (*Oreochromus niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. Int J Poult Sci. 2:195-199.

Merino MC, Bonilla SP, Bages F. 2013. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia (AUNAP-FAO). Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 131 p.

Ministerio de Salud y Protección Social - Colombia. 2012. Resolución 122 de 2012 (enero 26). [Internet] [citado 2013 agosto]. Disponible en: http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_0122_2012.htm

Petenuci ME, Stevanato FB, Rodrigues D, Pereira L, Evelázio N, Visentainer JV. 2010. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. Ciênc Agrotec Lavras. 34:1279-1284.

Pinheiro LMS, Martins RT, Pinheiro LAS, Pinheiro LEL. 2006. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis* spp.). Arq Bras Med Vet Zootec. 58(2):257-262.

Rocha DN, Simões LN, Paiva G, Gomes LC. 2012. Sensory, morphometric and proximate analyses of Nile tilapia reared in ponds and net-cages. R. Bras. Zootec. 41(7):1795-1799.

- Secretaría Técnica Nacional Cadena de la Acuicultura. 2011. Datos estadísticos de la acuicultura en Colombia 2000 - 2011. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 5 p.
- Souza MLR, Freire TC. 2001. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. Acta Scientiarum. 23(4):897-901.
- Toppe J, Albrektsen S, Hope B, Aksnes A. 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. Comp Biochem Phys B. 146:395-401.
- Usydus Z, Szlinder-Richert J, Adamczyk M, Szatkowska U. 2011. Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. Food Chem. 126:78-84.
- Valenzuela R, Bascuñan K, Chamorro R, Valenzuela A. 2011. Omega-3 fatty acids and cancer, a nutritional alternative for its prevention and treatment. Rev Chil Nutr. 38(2):219-226.
- Vignesh R, Srinivasan M. 2012. Nutritional quality of processed head and bone flours of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters 1852) from Parangipettai estuary, South East Coast of India. Asian Pac J Trop Biomed. S368-372.

3. Capítulo 3: Obtención, caracterización y vida útil de harinas de coproductos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

3.1. Resumen

La industria del fileteado de pescado genera gran cantidad de coproductos actualmente no utilizados. El objetivo del estudio fue elaborar, caracterizar y evaluar la vida útil de harinas de cabezas, esqueletos y recortes de tilapia nilótica y trucha arcoíris, obtenidas por deshidratación. Se determinó humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas, calcio, hierro, fósforo, mercurio, cadmio, plomo y perfil de ácidos grasos de las harinas. Se evaluó la vida útil a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, mediante índice de acidez, peróxidos, bases nitrogenadas totales volátiles y TBA y calidad microbiológica (número más probable de coliformes totales y fecales, detección de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras). Para harinas de tilapia nilótica se encontraron valores entre 2,26 y 5,48% de humedad; 50,19 y 62,71% de proteína; 11,86 y 30,17% de extracto etéreo; 3,3 y 28,35% de cenizas. Para harinas de trucha arcoíris se encontraron valores entre 3,53 y 8,52% de humedad; 39,33 y 58,65% de proteína; 13,69 y 37,63% de extracto etéreo; 9,06 y 28,18% de cenizas. Se encontró una relación n-6/n3 de 3,94 a 4,14 para tilapia y 2,18 a 2,37 para trucha. Las concentraciones de metales pesados estuvieron dentro de lo establecido como apto para consumo humano. Las harinas analizadas cumplieron con los requerimientos microbiológicos, Se encontraron valores elevados de peróxidos, bases nitrogenadas totales volátiles y TBA. Las harinas estudiadas son un recurso alimenticio de buen rendimiento en producción, con adecuada composición química, buen perfil de ácidos grasos e inocuidad microbiológica.

Palabras claves: BNTV, composición química, fileteado, TBA.

3.2. Abstract

The fish industry during the filleting process generates a lot of byproducts that now are not been adequate used. The goal of this study was to develop, characterize and evaluate the shelf-life of meals obtained by dehydration, from heads, skeletons and trimmings of Nile tilapia and rainbow trout. Humidity, protein, ether extract, ash, calcium, iron, phosphorus, cadmium, mercury and lead and fatty acid profile of the meals were determined. The meals shelf-life was evaluated at 0, 30 and 60 days of storage, analyzing acid level, peroxides, total volatile nitrogen bases (TVNB) and Thiobarbituric acid (TBA). The microbiological quality was referred with the most probable number of total and fecal coliforms, *Escherichia coli* and *Salmonella sp.* detection, count of yeasts and molds. Nile tilapia meals from coproducts had values between 2,26 and 5,48% humidity; 50,19 and 62,71% protein; 11,86 and 30,17% ether extract; 3,3 and 28,35% ashes. For rainbow trout meals coproducts, values were between 3,53 and 8,52% humidity; 39,33 and 58,65% protein; 13,69 and 37,63% of ether extract; 9,06 and 28,18% ashes. The ration n6 / n3 for coproducts meals was between 3,94 and 4,14 for tilapia, and 2,18 and 2,37 for trout. Heavy metal content were lower than the maximum levels accepted for food. Meals analyzed fulfill the microbiological requirements for animal and human foods. However, during the storage the levels of peroxides, total volatile nitrogen bases and TBA were increased. Coproducts meals studied can be a good source of nutrients for food, with an adequate nutritional composition; good fatty acids profile ratio and microbiological safety.

Keywords: TVNB, chemical microbiological composition, quality characteristics, Omega -3.

3.3. Introducción

Según la FAO (2014), en el 2012, la pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo 158 millones de t de pescado. En este mismo informe se enfatiza que la acuicultura es uno de los sectores de alimentos de más rápido crecimiento, siendo el 2012 el año en cual se alcanzó un máximo histórico de producción con 66,6 millones de t y suministró casi la mitad del pescado destinada a la alimentación humana. La FAO (2014) reportó que el suministro de peces comestibles se incrementó con una tasa media anual de crecimiento de 3,2% y que en el 2010, el pescado constituyó el 16,7% del aporte de proteína animal consumida a nivel mundial y el 6,5% de todas las proteínas consumidas.

En Colombia la acuicultura ha ido sustituyendo los productos de la pesca por especies cultivadas en aguas continentales, permitiendo el desarrollo económico, garantizando seguridad alimentaria y generando productos para exportación (FAO, 2014). Según Merino et ál. (2013), el sector acuícola en Colombia mostró entre los años 1990 y 2011 una tendencia de crecimiento de la acuicultura del 12% anual promedio; por otro lado, Bonilla y de la Pava (2013) reportan que para el año 2011 el consumo per cápita de productos de la acuicultura fue de 2,75 kg/persona/año. Los autores destacan que si se tienen en cuenta el 35% de importaciones no legales, el consumo aparente para el mismo

año aumenta a 3,92 kg/persona/año. Así mismo se reporta que el consumo per cápita aparente de productos de la pesca y la acuicultura para el mismo año fue de 4,54 kg/persona/año.

El pescado y los productos pesqueros son conocidos como una fuente valiosa de nutrientes, con potencial para garantizar una alimentación saludable y diversificada. Estos productos presentan bajo contenido de grasas saturadas, carbohidratos y colesterol (Rocha et ál. 2012), proporcionan proteínas de elevado valor biológico y una gran variedad de micronutrientes esenciales, que incluyen vitaminas (A, D y complejo B), minerales como calcio (Ca), yodo (I), zinc (Zn), hierro (Fe) y selenio (Se) y ácidos grasos polinsaturados omega-3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (Marques et ál. 2004).

Durante el procesamiento del pescado se genera una cantidad significativa de residuos y coproductos de importante valor nutricional (Kotzamanis et ál. 2001), que en el pasado se consideraban de bajo valor comercial, o como un problema que era necesario descartar (Petenuci et ál. 2010). En las dos últimas décadas se ha registrado mayor conciencia global acerca de los aspectos económicos, sociales y ambientales de la utilización de estos recursos y sobre la importancia de reducir los descartes y pérdidas generados durante y después de la captura (almacenamiento, elaboración y distribución) (Galán y Franco 2010).

El valor económico de los principales productos acuícolas varía ampliamente dependiendo de factores como la especie, el tamaño del pez (completo y/o filete) y la época de comercialización, entre otros. El aprovechamiento y uso de los coproductos obtenidos durante el proceso de fileteado, es hoy en día una estrategia para el aumento de los ingresos económicos de esta industria. Por ejemplo, la FAO (2014) reporta que en el 2012 el 35% de la producción mundial de harina de pescado resultó de residuos del procesamiento de la industria acuícola. Por otro lado, Godoy et ál. (2013) destacan las alternativas de aprovechamiento de estos productos para nuevas aplicaciones, como en la industria cosmética y agropecuaria, entre otras. Malone et ál. (2004) mencionan diversas investigaciones que han permitido conocer la composición química, las propiedades fisicoquímicas, la evaluación de la inocuidad y las características propias de estos recursos.

Dado que los coproductos acuícolas presentan un carácter altamente perecedero, se deben generar nuevas tecnologías que permitan aumentar la vida útil, garantizar inocuidad y ampliar el tiempo durante el cual el producto conserve las características nutricionales, higiénico sanitarias y de calidad (organolépticas y/o sensoriales) (Cruz et ál. 2012). De esta manera, para establecer la calidad de un producto es necesario realizar estudios relacionados con la susceptibilidad a la autólisis, oxidación e hidrólisis de las grasas y alteraciones causadas por microorganismos, que generan cambios determinantes en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (Cruz et ál. 2012).

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de caracterizar la composición química, perfil de ácidos grasos, contenido de metales pesados y vida útil de harinas obtenidas a partir de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en Colombia.

3.4. Materiales y métodos

Proceso de secado y rendimientos obtenido de harina de coproductos

Los coproductos utilizados para la elaboración de las harinas provenían de dos granjas productoras de tilapia nilótica (una en jaulas flotantes y otra en estanques de tierra) y de dos de trucha arcoíris (una en jaulas flotantes y otra en estanques de cemento), ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Huila en Colombia. La selección y envío al laboratorio de los coproductos se realizó el mismo día de sacrificio de los animales, conservando la cadena de frío hasta el lugar de procesamiento y análisis.

La obtención de harinas de los coproductos (cabezas, esqueleto y recortes) de tilapia y trucha se realizó a partir de 20 kg congelados de cada uno, los cuales fueron sometidos a siete subprocesos denominados: molienda en húmedo, homogenizado, primer secado, prensado, segundo secado, mezclado y molienda en seco (Figura 3-1).

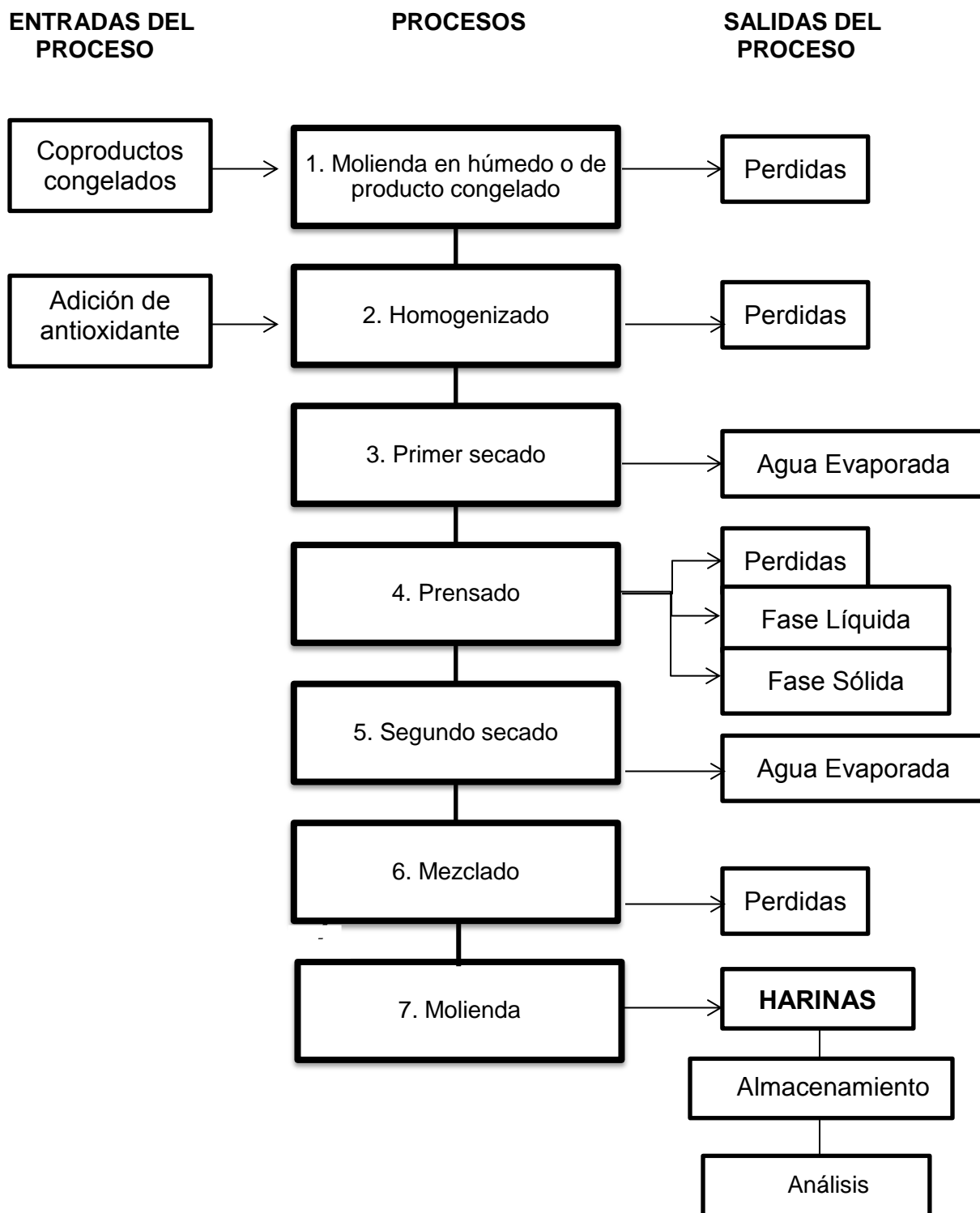


FIGURA 3-1: Proceso de secado de coproduitos de la industria acuícola de trucha arcoíris y tilapia nilótica.

La molienda en húmedo consistió en el troceado (cuchillo o con sierra eléctrica) y posterior molienda de cada coproducto congelado en molino de carnes (JAVAR Modelo M32-MRH). El homogenizado se realizó en procesador de alimentos Black and Decker, con el fin de obtener una mezcla homogénea e incorporar el antioxidante al coproducto (200 mg/kg de Butilhidroxitolueno - BHT). La dosificación del BHT atendió lo estipulado en la resolución número 4124 de 1991 del Ministerio de Salud y Protección Social (Colombia) que reglamenta los antioxidantes permitidos en alimentos (Comisión del Codex Alimentarius 2011; Ministerio de Salud 1991).

El primer secado se realizó en horno con circulación forzada de aire a temperatura constante de 60°C, en bandejas de aluminio recubiertas con papel aluminio sobre las cuales fueron esparcidas las muestras. El prensado se realizó de manera manual luego de una hora de calentamiento de la muestra. Durante este proceso la muestra fue comprimida con una malla en poliéster de agujero de 2 mm; del proceso de prensado se obtuvo una fracción líquida (agua, grasa y residuos de producto), que fue retirada del ensayo y una parte sólida que se retornó al horno para el segundo secado, el cual se realizó de la misma manera que el primero.

El mezclado se realizó de manera manual cada 30 min durante el segundo secado. El objetivo de este subproceso fue desagregar el producto que por efecto del calentamiento se compactó impidiendo un secado homogéneo. Una vez la muestra estuvo seca (confirmado mediante la determinación de peso constante) y con el fin de disminuir el tamaño de partícula, los coproductos fueron molidos nuevamente en un molino Corona Tradicional L14200 con motor eléctrico incorporado. Finalmente cada harina se almacenó en bolsas plásticas con cierre hermético a temperatura ambiente (14°C).

Durante el proceso de secado los coproductos fueron pesados con balanza analítica (REDWAG Modelo WPT6C/1) de sensibilidad de 0,01 g, antes y después de cada subproceso. Los rendimientos y pérdidas (expresados como porcentaje) durante cada etapa del proceso de secado, fueron calculados a partir de los valores registrados en los pesajes.

Análisis de composición química de las harinas

Los análisis químicos de las harinas fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. El análisis proximal se desarrolló de acuerdo con los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). La materia seca de la muestra se determinó mediante secado de 1 g de muestra a 135°C por 2 h (AOAC 2005, 934.01), en horno sin circulación de aire (Mettler modelo Schutgart DIN 40050-IP-20). La proteína bruta (PB) se determinó por medio del método Kjeldhal, usando el factor 6,25 para expresar el total de nitrógeno en PB (AOAC 2005, 2001.11). La determinación de extracto etéreo (EE) se realizó por el método de Soxhlet (AOAC 2005, 2003.05) en un

equipo extractor de grasa BÜCHI extraction system B – 811. El porcentaje de cenizas (Cz) se determinó por medio del método de calcinación, llevando la muestra a mufla, a 550°C por 16 h (AOAC 2005, 942.05; Método ajustado en el Laboratorio Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia).

La determinación de P se realizó a partir del residuo de Cz, mediante espectrofotometría visible en longitud de onda de 400 nm (AOAC 2005, 965.17), en un espectrofotómetro UV mini 1240 Shimadzu. La determinación de Fe y Ca se realizó a partir del residuo de Cz por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC 2005, 968.08) en un equipo AA-680 Shimadzu.

La determinación de ácidos grasos, metales pesados y evaluación de vida útil, se realizó con las harinas de coproductos de sistemas productivos de jaulas en represa, puesto que en Colombia son los sistemas productivos que genera mayor volumen de filete tipo exportación (Bonilla y de la Pava 2013).

Perfil de ácidos grasos de las harinas

La determinación del perfil de ácidos grasos (AG) de las harinas se llevó a cabo a través de cromatografía de gases en el Laboratorio de Toxicología Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, utilizando 4 g de muestra liofilizada, a la cual se le realizó la extracción de lípidos en solución cloroformo: metanol 2:1 (Folch et ál. 1957). Una alícuota de 50 µl de solución de lípidos de los coproductos fue esterificada con el reactivo de metil esterificación Meth–Prep II (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA) para producir los metil-ésteres de los AG. Los ésteres de metilo se cuantificaron en cromatógrafo de gases Shimadzu GC 14^a. Posteriormente, los ésteres de metilo de los AG fueron identificados por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de AG (Supelco 37 component FAME Mix, Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA). La composición de AG fue expresada como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados.

Metales pesados de las harinas

Los análisis de metales pesados se realizaron en FYTOLAB COLOMBIA S.A.S. La determinación de cadmio (Cd) y plomo (Pb) fue por medio de ICP-MS espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo, método acreditado por ISO 17025:2005. La determinación de mercurio (Hg) fue por medio de la tecnología de vapor frío, AAS- espectrofotometría de absorción atómica, método acreditado por ISO 17025:2005.

Evaluación físico-química o de vida útil de las harinas

La vida útil de las harinas obtenidas a partir de los coproductos de la industria del fileteado fue evaluada al día 0, 30 y 60 de almacenamiento, siendo el día 0, día de elaboración de las harinas. Se realizó mediante determinación del índice de acidez, peróxidos, bases nitrogenadas totales volátiles y TBA.

El índice de acidez fue calculado a partir de la determinación del contenido de ácidos grasos libres en la muestra (Norma Técnica Colombiana - NTC 218), por medio del método de titulación y expresado como porcentaje en masa. El índice de peróxidos, que cuantifica el nivel de enranciamiento de la harina (NTC 236), fue realizado por medio de técnica volumétrica, expresado en mili equivalentes de oxígeno activo/kg. El análisis de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT), que cuantifica las bases nitrogenadas (amoníaco y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles) producidas durante el proceso de deterioro (NTC 1322), fue determinado por medio del método de titulación con hidróxido de sodio y expresado en mg/100 g. El número de ácido tiobarbitúrico (TBA), que expresa el contenido de malonaldehído, producto secundario de la oxidación de los lípidos, fue determinado según la Norma mexicana NMX-F-589-SCFI-2009 para “alimentos – aceites y grasas vegetales o animales - determinación del valor de TBA”- método de prueba por absorbancia a 530 nm y expresado en mg/kg.

Análisis microbiológicos de las harinas

Los análisis microbiológicos fueron realizados de acuerdo al Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano (INVIMA 1998). Se determinó el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales expresados en unidades formadoras de colonia UFC/g; se realizó la detección de *Escherichia coli*. y *Salmonella sp.* en 25 g de muestra expresado como presencia o ausencia y se determinó el recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, los cuales fueron expresados en UFC/g.

Análisis de datos

Se implementó un estudio descriptivo que permitió la caracterización de las harinas obtenidas a partir de coproductos de la industria acuícola. Los resultados de composición química y minerales se obtuvieron a partir del análisis de una muestra de harina de cada

coproducto, a la cual se le realizaron repeticiones hasta obtener un coeficiente de variación menor al 5% (valor estándar de variabilidad requerido para los resultados en el laboratorio donde se ejecutaron los análisis).

La determinación de AG, metales pesados y caracterización de la vida útil de las harinas, se realizó para las harinas provenientes de sistemas productivos de jaula en represa. La determinación de AG y metales pesados se realizó mediante una medición, sin réplica.

Los resultados de acidez, índice de peróxidos, BNVT y TBA fueron analizados por medio de un modelo completamente al azar, con tres tratamientos (0, 30 y 60 días de almacenamiento) y tres repeticiones por tratamiento. Los datos que cumplieron todos los supuestos del modelo, se sometieron a un análisis de varianza (Anava) (Martínez, et ál. 2011). Los datos de muestras que no cumplieron con uno o más supuestos del modelo estadístico, se transformaron por el arcoseno de la raíz cuadrada antes de realizar el análisis de varianza (Bhujel 2009). Cuando se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$), las medias fueron comparadas mediante test de Tukey. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS V. 9.0. (SAS Institute 2002).

La evaluación de la calidad microbiológica de las harinas se realizó con tres tratamientos (0, 30 y 60 días de almacenamiento) y tres repeticiones por tratamiento. Los resultados de los análisis de NMP de coliformes totales y fecales, recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, se expresaron como potencia de 10. Los análisis de *Escherichia coli* y detección de *Salmonella spp.* fueron expresados como ausencia o presencia en la muestra. Finalmente, cada parámetro microbiológico se calificó en función del cumplimiento o no, de los máximos permitidos según referencias.

3.5. Resultados y discusión

Rendimiento del proceso de secado

Los rendimientos obtenidos en el proceso de secado de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y de trucha arcoíris, expresados como porcentaje (%) de la materia prima inicial utilizada, se presentan en la Tabla 3-1 y Tabla 3-2 respectivamente.

TABLA 3-1. Rendimientos del proceso de secado de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra.

Sistema Productivo	Coproducto	Agua evaporada (%)	Fase Líquida (%)	Pérdidas totales (%)	Harina (%)	n
Jaulas Flotantes	Cabeza	35,19 ± 3,59	21,21 ± 3,92	26,98 ± 5,30	16,60 ± 3,39	3
	Esqueleto	38,04 ± 1,02	15,94 ± 1,09	22,20 ± 2,28	23,80 ± 1,20	4
	Recortes	42,42 ± 2,09	21,42 ± 1,20	18,32 ± 3,65	17,81 ± 1,27	4
Estanques en tierra	Cabeza	26,98 ± 5,36	14,37 ± 1,77	45,14 ± 10,39	13,51 ± 5,11	2
	Esqueleto	44,90 ± 3,22	5,72 ± 5,37	26,16 ± 7,97	23,22 ± 1,98	2
	Recortes	36,27 ± 1,18	12,77 ± 0,92	38,84 ± 5,49	12,12 ± 1,34	2

n: número de ensayos de secado realizados al producto, para la determinación de los rendimientos obtenidos durante el proceso.

TABLA 3-2. Rendimientos del proceso de secado de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra.

Sistema Productivo	Coproducto	Agua evaporada (%)	Fase Líquida (%)	Pérdidas totales (%)	Harina (%)	n
Jaulas flotantes	Cabeza	37,64 ± 0,88	9,95 ± 0,21	34,62 ± 1,39	17,79 ± 0,14	3
	Esqueleto	39,23 ± 0,79	5,49 ± 3,46	20,15 ± 0,48	35,13 ± 1,34	3
	Recortes	28,55 ± 2,05	14,01 ± 0,70	43,07 ± 4,22	14,37 ± 2,12	2
Estanques en tierra	Cabeza	38,71 ± 3,11	11,59 ± 5,59	33,88 ± 5,82	15,82 ± 1,06	1
	Esqueleto	45,93 ± 2,81	11,41 ± 2,40	23,02 ± 1,65	19,64 ± 0,57	2
	Recortes	26,80 ± 5,73	25,52 ± 8,41	34,49 ± 1,31	13,19 ± 3,25	2

n: número de ensayos de secado realizados al producto, para la determinación de los rendimientos obtenidos durante el proceso.

Durante el proceso de elaboración de harinas de coproductos de la industria del fileteado en sistemas de cultivos de jaulas flotantes y estanques en tierras, se encontró que los esqueletos fueron el producto que generó un mayor rendimiento en harina y un menor contenido de fase líquida producida para tilapia y trucha. Por otro lado, la harina de recortes de trucha mostró un comportamiento contrario a la harina de esqueletos, presentando el menor rendimiento en harina, posiblemente debido a un menor contenido de estructura ósea en su composición, con un menor rendimiento en harina.

De manera general, el coproducto esqueleto presentó un mayor rendimiento en las dos especies, mostrándose como el coproducto con más potencial para la obtención de harinas. Cabe mencionar que el proceso de secado aplicado en este ensayo fue realizado previamente y en menor escala, encontrando comportamientos similares (entre el mismo

producto) a los reportados en el presente estudio, donde cada coproducto presentó rendimientos diferenciados (entre productos) durante el procesamiento. Los resultados muestran que las características propias de cada coproducto, como textura, tamaño de partícula, adhesividad y composición química, afectan los rendimientos en cada etapa del proceso.

Composición química de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris

Los resultados de composición química, contenido de Ca, P y Fe de harinas de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris se presentan en la Tabla 3-3 y Tabla 3-4 respectivamente.

TABLA 3-3. Composición química ($\mu \pm DS$) de harinas de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra (expresado como alimento).

Sistema productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Fe (g/100 g)
Jaulas flotantes	Cabeza	5,35 \pm 0,08	50,19 \pm 1,13	13,57 \pm 0,62	27,09 \pm 0,20	10,26 \pm 0,34	5,93 \pm 0,21	0,13
	Esqueleto	4,89 \pm 0,03	53,14 \pm 0,07	11,86 \pm 0,16	28,35 \pm 0,63	12,39 \pm 0,03	5,23 \pm 0,01	0,01
	Recortes	2,26 \pm 0,07	62,09 \pm 0,93	29,91 \pm 0,04	3,77 \pm 0,10	0,48 \pm 0,01	0,67 \pm 0,01	0,04
Estanques en tierra	Cabeza	5,48 \pm 0,12	50,83 \pm 1,55	15,30 \pm 0,06	27,56 \pm 0,38	4,68 \pm 0,14	5,57 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01
	Esqueleto	5,28 \pm 0,06	51,19 \pm 1,23	12,79 \pm 0,18	28,23 \pm 0,11	8,71 \pm 0,42	5,31 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01
	Recortes	3,42 \pm 0,14	61,71 \pm 0,14	30,17 \pm 0,28	3,30 \pm 0,03	0,97 \pm 0,01	0,71 \pm 0,01	0,01

TABLA 3-4. Composición química ($\mu \pm DS$) de harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris cultivada en jaulas flotantes o estanques en tierra (expresado como alimento).

Sistema Productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Fe (g/100 g)
Jaulas flotantes	Cabeza	3,53 \pm 0,26	48,83 \pm 0,13	31,94 \pm 0,88	14,85 \pm 0,40	10,76 \pm 0,14	3,46 \pm 0,16	0,02
	Esqueleto	3,87 \pm 0,02	39,33 \pm 0,22	26,42 \pm 1,14	28,18 \pm 0,81	12,39 \pm 0,50	6,53 \pm 0,10	0,01
	Recortes	4,70 \pm 0,10	46,31 \pm 0,24	37,29 \pm 0,05	10,22 \pm 0,05	2,20 \pm 0,01	1,79 \pm 0,03	0,05
Estanques en tierra	Cabeza	8,52 \pm 0,15	50,66 \pm 0,54	16,41 \pm 0,08	21,34 \pm 0,10	15,38 \pm 0,02	3,81 \pm 0,01	0,04
	Esqueleto	8,17 \pm 0,02	58,56 \pm 1,78	13,69 \pm 0,66	17,35 \pm 0,07	11,20 \pm 0,26	3,88 \pm 0,03	0,04
	Recortes	4,71 \pm 0,01	47,38 \pm 0,73	37,63 \pm 1,39	9,06 \pm 0,07	4,20 \pm 0,11	1,68 \pm 0,01	0,07

La harina de cabezas de tilapia para los dos sistemas de cultivo presentó la mayor humedad y menor PB con respecto a las demás; la harina de esqueletos se destacó por ser un producto de alto contenido de Cz y menor proporción de EE. Por otro lado, la harina de recortes presentó el mayor contenido de EE. El P y el Fe para las harinas en los dos sistemas de cultivo fueron similares, sin embargo, se observó que el contenido de Ca en harina de cabezas y de esqueletos fue mayor para las tilapias cultivadas en jaulas.

Según Vignesh y Srinivasan (2012) la cabeza y el esqueleto de tilapia son productos de composición nutricional desconocida; de manera similar, Petenuci et ál. 2010 definen al esqueleto de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como una parte del pez con composición química desconocida y cuya estabilidad y vida útil no es reportada en la literatura. Los autores destacan los coproductos como materias primas con gran potencial de utilización, sobre las cuales se deben desarrollar más investigaciones.

Petenuci et ál. (2010) recolectaron esqueletos de tilapia nilótica provenientes de pesca extractiva en el norte del estado de Paraná- Brasil. Los esqueletos fueron cocinados a vapor durante 25 min, seguido de una trituration en un molino de rosca sinfín. La masa obtenida se llevó a bandejas de horno comercial por 4 h a 180°C y el producto final fue tamizado para tener una presentación de harina. La harina presentó 14,2% de humedad, 40,8% de PB, 25,3% de lípidos totales y 18,3% de Cz. Por otro lado, Godoy et ál. (2013) elaboraron harinas aromatizadas de carcasas de tilapia, las cuales fueron lavadas, pesadas, etiquetadas, sumergidas en salmuera (20%, 15 min), drenadas, pre ahumadas (50°C, 60 min) y ahumadas (50 – 80°C, 3 h). Después del ahumado las carcasas fueron pesadas, molidas, empacadas al vacío, etiquetadas y congeladas (-18°C). Los investigadores reportaron valores de 17,41% de humedad, 32,51% de PC, 19,72% de EE, 26,22% de Cz 1,78 mg/100 g de Ca, 2,36 mg/100g de Fe y 5,47 mg/100g de P. Los autores concluyen que las harinas obtenidas pueden ser usadas para el enriquecimiento de muchos productos para consumo humano, resaltando la versatilidad y posibles usos. Respecto a los dos estudios anteriores, la composición química de las harinas de coproductos de tilapia del presente ensayo mostraron un menor contenido de humedad y de EE y mayor de PB y Cz, lo cual podría estar explicado por diferencias durante el proceso de obtención de las harinas, específicamente en la etapa de prensado, la cual permite la extracción de agua y aceite, principalmente (Oliveira 2011).

Galan y Franco (2010) recolectaron 30 kg de carcasas (esqueletos con carne) y cabezas de tilapia nilótica provenientes de plantas de procesamiento de Paraná, Brasil. Los coproductos fueron lavados y se adicionó butilhidroxitolueno (BHT) y sorbato de potasio por 15 min; posteriormente se llevaron a cocción durante 40 min a 300°C y fueron triturados y deshidratados por 45 h a 40°C. El producto final fue llevado a una prensa para la extracción del aceite y el sólido restante fue molido y almacenado para posteriores análisis. El producto obtenido presentó 3,06% de humedad, 33,80% de PB, 34,41% de lípidos, 28,96% de Cz, 9,19 g/100 g de Ca, 2,51 g/100 g de P y 6,74 mg/g de Fe. En el presente estudio, el contenido de humedad de las harinas de coproductos fue similar al reportado por los autores, posiblemente por el prensado realizado durante el proceso,

aunque los valores de PB, Cz, Ca y P del presente ensayo son mayores que las mencionadas en dicho estudio.

Boscolo et ál. (2004) elaboraron harina a partir de carcasas (sin filete) de tilapia nilótica, la cual fue obtenida luego de un proceso de cocción, prensado, secado y molienda. La harina obtenida mostró una composición de 93,11% de materia seca, 42,81% de PB, 17,89% de EE, 30,13% de Cz y 3971 Kcal/kg de energía bruta; en el presente ensayo fueron encontrados mayores contenidos de PB y menores de EE para las harinas de cabeza o de esqueleto.

En Noruega Toppe et ál. (2007) recolectaron ocho especies diferentes de peces, a los cuales se les retiraron branquias, vísceras y filete. Los huesos y cabeza se hirvieron durante 2,5 min para el retiro de la carne residual. Finalmente el producto fue liofilizado y molido para posteriores análisis. Los investigadores reportaron para trucha valores de 5,3% de humedad, 31,3% de PC, 34,2% de EE, 2,66% de Cz, 1,47% de Ca, 0,87% de P y 0,32% de Fe. En la presente investigación, se encontró un mayor contenido de PB, Ca y P y menores contenidos de EE y Fe, con valores de humedad similares para harinas de sistemas productivos en jaulas flotantes; valores similares de Cz para esqueletos de cultivos en de jaulas flotantes y cabezas en cultivos de estanques en tierra.

Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en jaulas flotantes

Los resultados del perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris cultivadas en jaulas flotantes, se presentan en la Tabla 3-5.

TABLA 3-5. Perfil de ácidos grasos de harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes (expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados).

Nomenclatura	Tilapia nilótica			Trucha arcoíris		
	Cabeza	Esqueleto	Recortes	Cabeza	Esqueleto	Recortes
C12:0	0,10	0,09	0,15	0,15	0,13	0,14
C14:0	3,11	3,21	3,22	2,16	2,14	2,21
C14:1	0,15	0,17	0,18	0,06	0,08	0,09
C15:0	0,18	0,17	0,19	0,30	0,31	0,30
C16:0	24,73	24,98	24,34	18,18	18,80	18,54
C16:1	4,98	5,26	5,70	4,59	4,27	4,97
C17:0	0,26	0,25	0,24	0,38	0,40	0,38

C17:1	0,18	0,17	0,19	0,19	0,19	0,21
C18:0	7,07	6,96	5,94	5,89	6,11	5,91
C18:1n-9t	0,53	0,49	0,34	0,25	0,26	0,25
C18:1n-9c	35,24	35,62	34,92	31,04	30,21	31,53
C18:1n-7	2,87	2,89	3,08	2,70	2,44	2,66
C18:2n-6c	12,07	11,54	12,78	19,43	19,49	18,49
C20:0	0,22	0,21	0,24	0,23	0,25	0,23
C18:3n-6	0,64	0,65	0,79	0,39	0,33	0,31
C20:1	1,81	1,84	1,70	1,53	1,40	1,65
C18:3n-3	0,84	0,78	0,91	1,64	1,68	1,62
C21:0	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08
C20:2	0,51	0,50	0,51	1,58	1,40	1,46
C22:0	0,28	0,29	0,32	0,15	0,16	0,14
C20:3n-6	0,54	0,53	0,54	0,64	0,59	0,61
C22:1n-9	0,07	0,08	0,07	0,18	0,18	0,20
C20:3n-3	0,12	0,13	0,12	0,20	0,16	0,19
C23:0	0,69	0,68	0,74	0,82	0,87	0,76
C22:2	0,11	0,08	0,11	0,19	0,19	0,30
C24:0	0,18	0,16	0,19	0,04	0,05	0,07
C20:5n-3	0,17	0,17	0,22	1,20	1,32	1,11
C24:1	0,05	0,03	0,05	0,21	0,28	0,20
C22:5n-3	0,55	0,49	0,56	0,60	0,60	0,60
C22:6n-3	1,68	1,52	1,60	5,01	5,62	4,79
AGPI	17,23	16,39	18,14	30,88	31,38	29,48
AGMI	45,88	46,55	46,23	40,75	39,31	41,76
AGS	36,90	37,09	35,64	28,37	29,30	28,76
n-3	3,36	3,09	3,41	8,65	9,38	8,31
n-6	13,25	12,72	14,11	20,46	20,41	19,41
n-6/n-3	3,94	4,12	4,14	2,37	2,18	2,34

AGPI: ácidos grasos polinsaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados; c: cis; t: trans; n-6: ácidos grasos de la familia n-6; n-3: ácidos grasos de la familia n-3.

Los AGPI encontrados en los productos de la acuicultura, particularmente el EPA y DHA, son de gran importancia económica en la industria farmacéutica y de alimentos (Malone et ál. 2004).

Petenuci et ál. (2010) recolectaron esqueletos de tilapia nilótica provenientes de pesca extractiva, encontrando 15,72% de AGPI y una relación n-6/n-3 de 8,56. Así mismo,

Godoy et ál. (2013) encontraron en harinas aromatizadas de carcasas de tilapia nilótica, 20,9% de AGPI y una relación n-6/n-3 de 10,94. En el presente estudio se encontraron valores de AGPI dentro de los reportados en la literatura y relaciones muy inferiores de ácidos grasos n-6/n-3.

Toppe et ál. (2007) reportaron contenidos de AGPI para huesos de cabeza y esqueleto de trucha de 29,37% y relación n-6/n-3 de 0,14. Por otro lado, Kotzamanis et ál. (2001) encontraron en harinas de coproductos de trucha (cabeza, esqueletos y recortes) un contenido de AGPI de 33,7% y una relación n-6/n-3 de 0,089. De igual manera que en el caso de tilapia nilótica, el presente estudio reportó valores de AGPI dentro de los encontrados en la literatura, aunque relaciones n-6/n-3 mayores. Se destaca que las relaciones encontradas de n-6/n-3 en harinas de coproductos de trucha siguen estando dentro de los valores recomendados para consumo humano por sus efectos benéficos en la salud. De acuerdo con lo anterior, Moreno (2013) reporta que para tener una dieta saludable la relación ideal entre los AG n-6/n-3 se establece entre 1-4/1, relación que pueden tener efectos benéficos en la prevención de enfermedades cardiovasculares, reducción de la proliferación celular a nivel rectal en pacientes con cáncer de colon, supresión de la inflamación en pacientes con artritis reumatoide, efecto beneficioso sobre los pacientes con asma, entre otros beneficios.

Se destaca que las variaciones encontradas en el perfil de ácidos grasos para ambas especies pueden estar explicadas por diversos factores como la especie, la edad, el tamaño, el sexo, el estado reproductivo, la dieta, la temperatura del agua o la ubicación geográfica que habiten (Usyodus et ál. 2011).

Metales Pesados de las harinas

El contenido de Cd, Hg y Pb (mg/kg) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes se presentan en la Tabla 3-6.

TABLA 3-6. Contenido de metales pesados en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (AR) y tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes.

Harina de coproducto	Cadmio (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
AR Cabezas	No detectado	0,07	No detectado
AR Esqueletos	No detectado	0,11	No detectado
AR Recortes	No detectado	0,096	0,037
TR Cabezas	0,03	0,065	0,094
TR Esqueletos	0,016	0,078	0,061

TR Recortes	No detectado	0,11	No detectado
--------------------	--------------	------	--------------

La Norma Técnica Colombiana NTC 1443 para productos de la pesca y acuicultura reporta que los límites máximos permitidos para Cd, Hg y Pb son 0,1, 0,5 y 0,4 mg/kg, respectivamente. De acuerdo con lo citado anteriormente, las harinas elaboradas cumplieron con lo establecido en la normatividad nacional para Cd, Hg y Pb.

Muñoz et ál. (2013), realizaron análisis de metales pesados en filetes de pirarucú (*Arapaima gigas*) provenientes de diferentes regiones de Colombia. Los investigadores no reportaron presencia de Cd, encontrando un valor máximo para Pb de 0,021 mg/kg. Los autores encontraron en una de las ocho muestra analizadas un valor superior de Hg (0,83 mg/Kg) al permitido por la NTC 1443; sin embargo, destacan que de acuerdo con la Norma CODEX STAN 193-1995 el límite máximo para mercurio en peces predadores, como el pirarucú, es de 1 mg/kg. En este sentido, Kitahara et ál. (2000) encontraron para las especies: mandi (*Pimelodus maculatus*), tilapia (*Tilapia sp*), sagüiru (*Cyphocharax modestus*), lambari (*Astyanax sp*), sardela (*Triportheus sp*), traíra (*Hoplias sp*), curimatá (*Prochilodus sp*) y dourado (*Salminus sp*) comercializadas en São Paulo, valores de Hg por debajo de los establecidos por la legislación Brasileira vigente (0,5mg Hg/kg), destacando que la tilapia, fue la especie que presentó una menor contaminación, posiblemente por ser procedente de sistema de cultivo. Por otro lado, Tajiri et ál. (2011) realizaron un estudio para verificar la contaminación de Cd, Cu y Pb en filetes de tilapia provenientes del estado de Paraná, Brasil. Los investigadores no encontraron valores de plomo; el cadmio fue detectado en tres muestras con concentraciones de 0,012, 0,011 y 0,014 µg/g; el cobre fue detectado en todos los filetes con concentraciones entre 0,106 y 0,153 µg/g. Los investigadores concluyen que los valores encontrados para Cd y Cu demostraron no ser peligrosos para la salud humana según el REGLAMENTO (CE) N. 1881/2006.

Se destaca que la normatividad consultada y las referencias citadas son para productos de la pesca, donde hace referencia principalmente a peces enteros o filetes, enfatizando que para coproductos no hay suficiente literatura de referencia.

Valores de acidez en harinas de coproductos de la industria acuícola

El índice de acidez expresado como el total de ácidos grasos libres, en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris y tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, expresada como porcentaje, se presenta en las figuras 3-2 y 3-3, respectivamente.

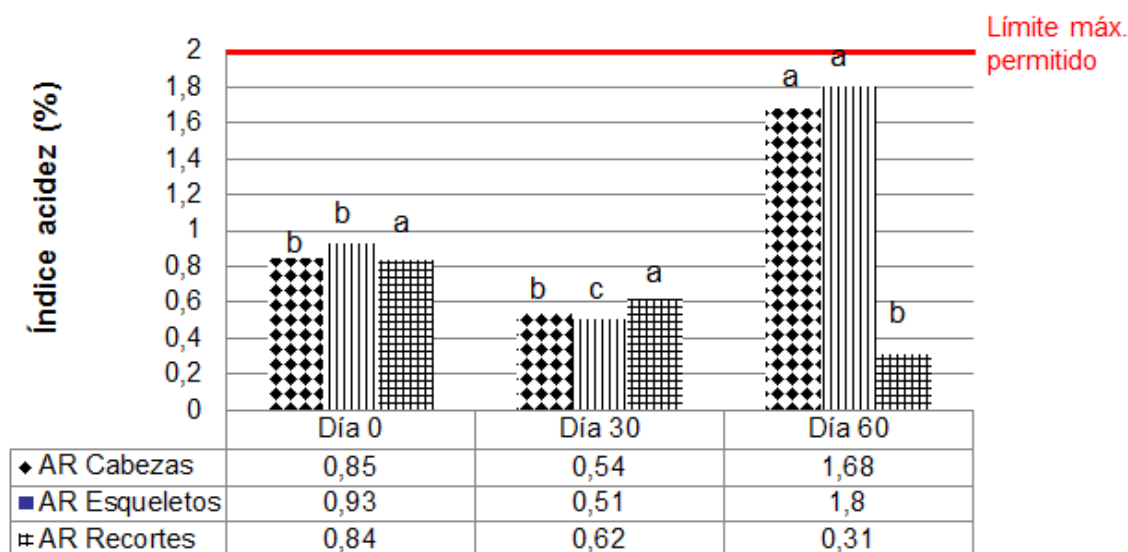


FIGURA 3-2: Índice de acidez en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (AR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).

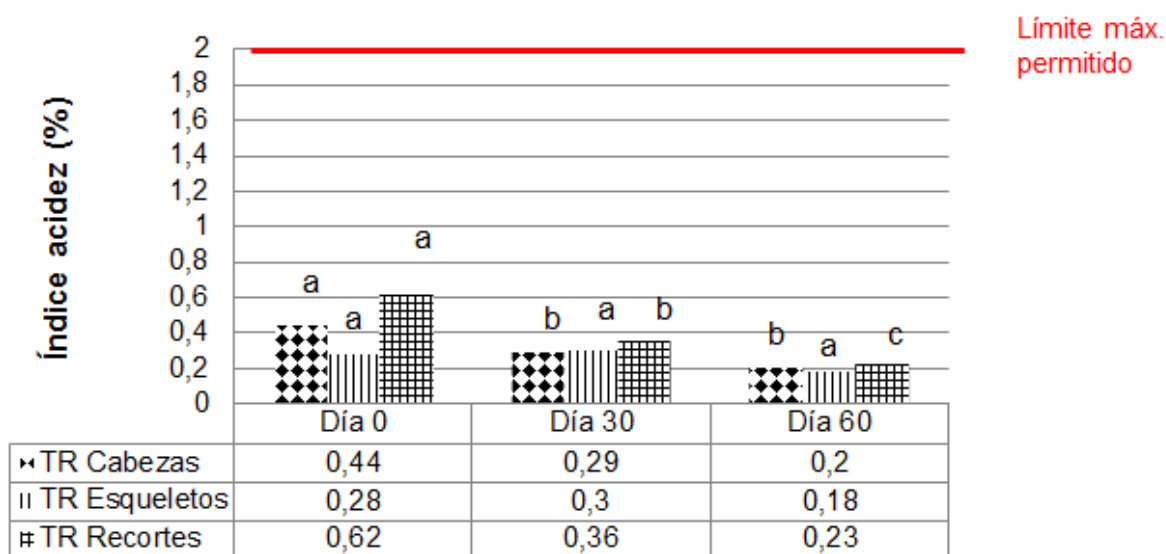


FIGURA 3-3: El índice de acidez en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P<0,05$).

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0472 (1988) de requisitos de la harina de pescado para consumo animal, el valor máximo permitido para la variable acidez es de 5%. Bellaver y Zanotto (s/a) reportan un valor máximo permitido de 2 y 3% para harina de pescados completos y harina de residuos de peces, respectivamente. De acuerdo con lo

anterior, se establece que los valores de acidez de las harinas de coproductos de tilapia y trucha son inferiores a lo reportado por los autores.

Petenuci et ál. (2010) monitorearon la calidad de la harina de esqueleto de tilapia almacenada a 4°C, en sacos de polietileno, con remoción del aire y protegidos de la luz durante 90 días. Los investigadores encontraron valores de acidez de 0,91, 1, 1,09 y 1,19 mg/g a los 0, 30, 60 y 90 días de almacenamiento, mostrando una tendencia creciente para este parámetro, contrario a lo que se encontró en el presente estudio para coproductos de tilapia y para recortes de trucha.

De manera general, los valores de acidez mostraron una tendencia a reducir su concentración al día 30 de almacenamiento, donde la harina de esqueleto de trucha y de cabeza y recortes de tilapia mostraron una disminución significativa; se destaca que la harina de esqueleto de tilapia aumentó su concentración sin ser significativa. Las harinas de cabeza y esqueleto de trucha mostraron un aumento significativo del índice de acidez al día 60, en contraste, las demás harinas evidenciaron una disminución, en la que la harina de recortes de trucha y tilapia fue significativa.

Valores de BNVT en harinas de coproductos de la industria acuícola

El contenido de BNVT, en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris y tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, expresadas como mg/100 g, se presentan en las figuras 3-4 y 3-5, respectivamente. Estos valores expresan el contenido de algunos compuestos volátiles (amoniaco y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles) generados durante los proceso de deterioro y pérdida de calidad de un producto, por lo cual, es uno de los métodos más utilizados para medir la calidad de los productos acuícolas.

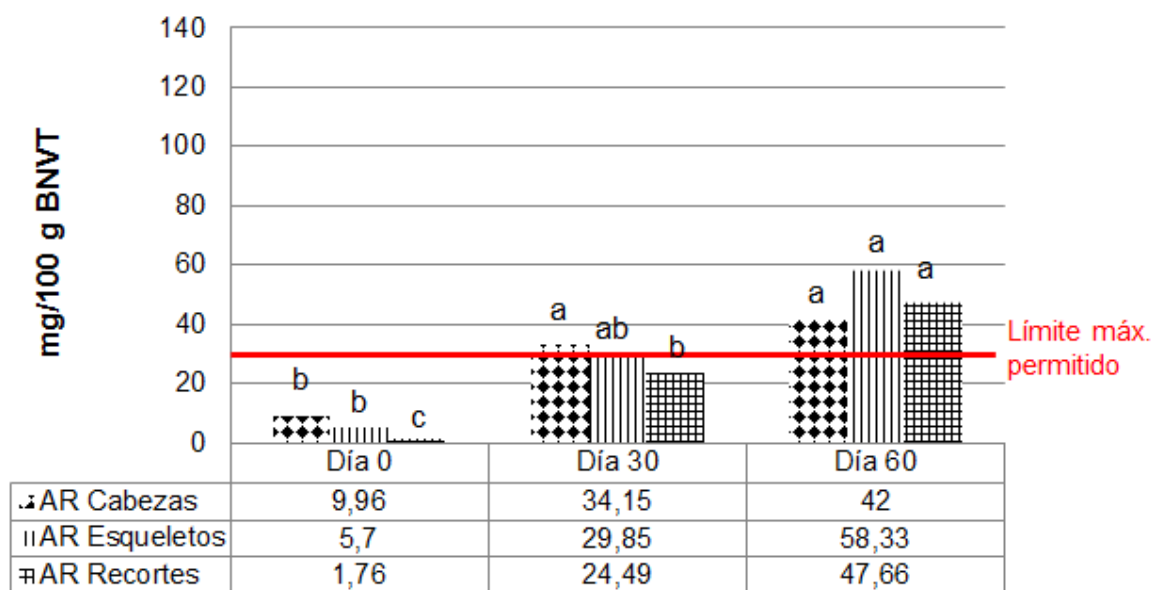


FIGURA 3-4: Contenido de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT) en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

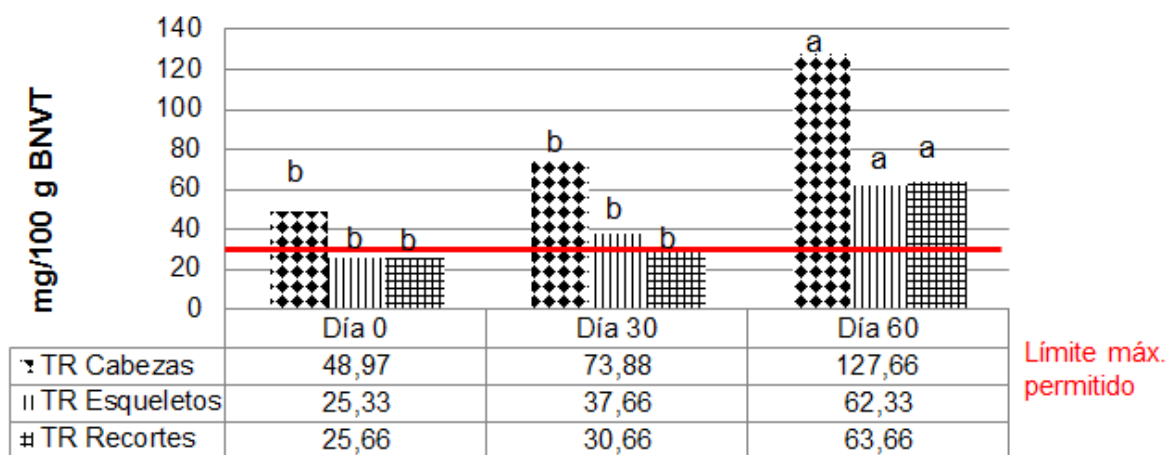


FIGURA 3-5: Contenido de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Los valores de BNVT el día de elaboración de las harinas (día 0) estuvieron dentro de lo establecido como aceptables para el consumo humano (30-35 mg /100g) (NTC 1443;

Rodríguez et ál. 2009 y Suárez et ál. 2008), al igual que las harinas de trucha y recortes de tilapia al día 30 de almacenamiento. De manera general se evidencia que los valores obtenidos de BNVT incrementaron significativamente ($P < 0,05$) en todas las harinas analizadas con el paso del tiempo, lo cual puede estar explicado por la degradación de proteínas y aminoácidos libres, lo que favorece la formación de amoníaco, evidenciando la pérdida de frescura del producto.

Las harinas de cabeza y recortes de trucha mostraron aumentos significativos de BNTV al día 30. De igual manera, las harinas de recortes de trucha y las harinas de tilapia mostraron un aumento significativo entre el día 30 y 60. Suárez et ál. (2008) encontraron en filetes de híbrido de cachama valores iniciales de BVTN de 15,7 mg/100 g, destacando que después del día 15 de almacenamiento se superó el límite máximo establecido como aceptable para consumo humano. Rodríguez et ál. (2009) analizaron contenidos de BNVT en filetes de bagre (*Pseudoplatystoma sp.*) sumergidos en soluciones de salmuera (36%), empacado al vacío y almacenados en refrigeración y a temperatura ambiente, durante 90 días. En el ensayo, los investigadores encontraron valores iniciales de 21,39 mg/100 g hasta 24,99 mg/100 g de BVTN al día 90 de almacenamiento; los autores destacan que los valores obtenidos estuvieron dentro de los límites de aceptabilidad para consumo. Pacheco et ál. (2010) evaluaron la estabilidad físico-química durante almacenamiento en refrigeración ($2 \pm 1^\circ\text{C}$) de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados en película de polietileno de alta densidad con y sin vacío; los investigadores encontraron valores de BVTN de 13,3 a 16,1 mg/100 g el día de elaboración de los productos y valores de entre 19,2 y 26,1 mg/100 g al día 28 de almacenamiento.

Valores de peróxidos en harinas de coproductos de la industria acuícola

El contenido de peróxidos, en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris y tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, expresado como meq de oxígeno/kg, se presentan en las figuras 3-6 y 3-7 respectivamente. Este análisis permite medir el estado de oxidación de las grasas de las harinas obtenidas

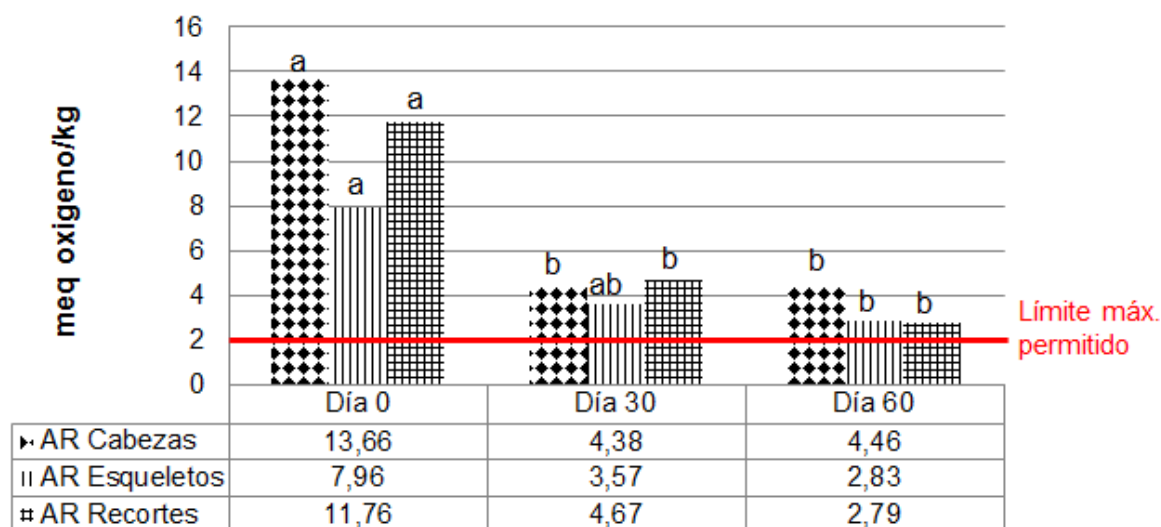


FIGURA 3-6: Contenido de peróxidos en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

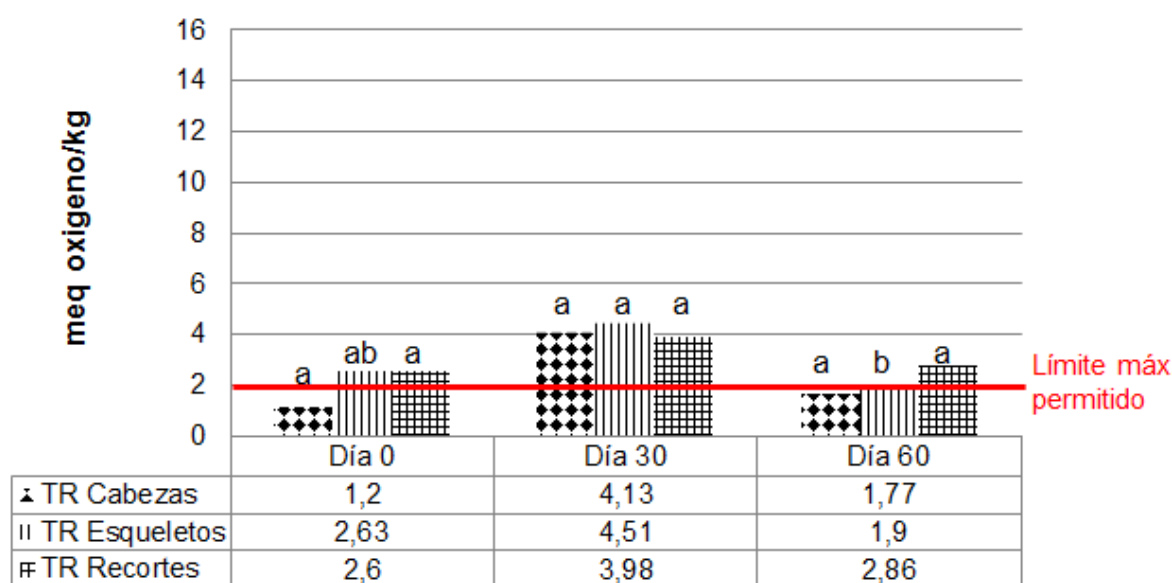


FIGURA 3-7: Contenido de peróxidos en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (TR) en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Para la variable peróxidos, la Norma Técnica Colombiana NTC 646 reporta que el máximo permitido en harinas de pescado de 2 meq de oxígeno/kg; la Norma Técnica Ecuatoriana

NTE INEN 0472 (1988) reporta un valor máximo permitido de 20 meq de oxígeno/kg. Suárez et ál. (s/a) reportan valores de 6, 50 y 100 meq de oxígeno/kg de peróxidos en aceite como valores bajos, medios y altos respectivamente. Con base en la norma nacional, se indica que las harinas obtenidas en el presente ensayo, no cumplen con los requerimientos establecidos, aunque se encuentran dentro de lo reportado en literatura como valores medios.

Se evidencia una clara diferencia en el comportamiento y las concentraciones de meq de oxígeno/kg de peróxidos en las dos especies. La harina de coproductos de trucha arcoíris mostró una reducción del contenido de peróxidos durante el tiempo de almacenamiento hasta el día 60; esta disminución fue significativa para la harina de cabeza y esqueletos entre el día 0 y el día 30. Se resalta que la harina de cabeza mostró un aumento no significativo entre el día 30 y el día 60. La harina de coproductos de tilapia mostró un aumento no significativo del contenido de peróxidos al día 30 y entre el día 30 y 60 una disminución significativa solo para la harina de esqueleto.

Valores de TBA en harinas de coproductos de la industria acuícola

El contenido de TBA en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris y tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, expresado como meq. MAD/kg, se presentan en la figura 3-8 y 3-9, respectivamente. Por medio de este análisis se puede medir la rancidez oxidativa de las harinas por medio de la formación de compuestos secundarios (aldehído dimalónico) que reacciona con el ácido 2-tiobarbitúrico.

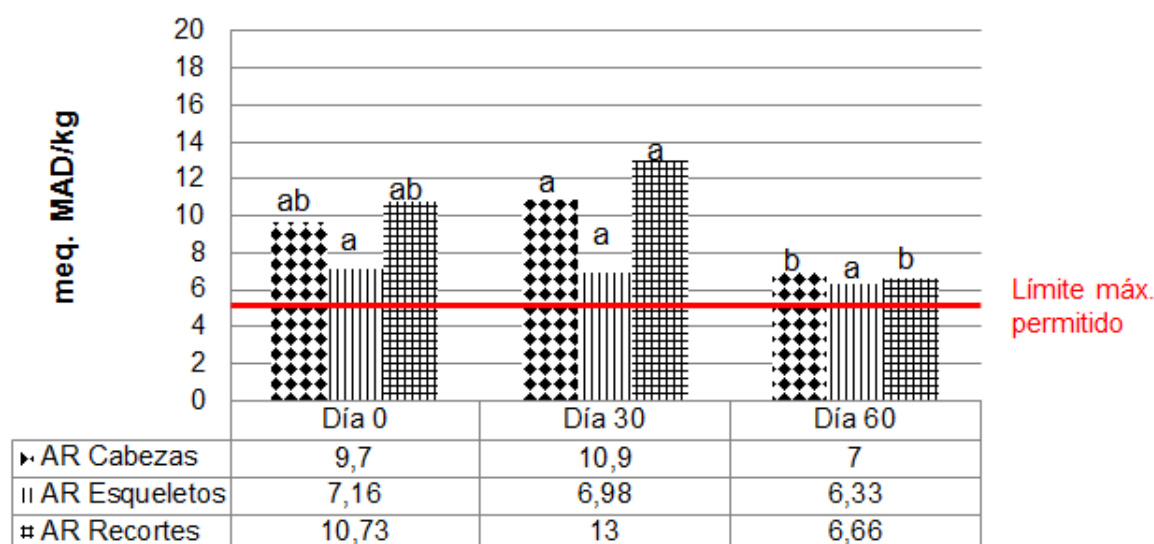


FIGURA 3-8: Contenido de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) en harina de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

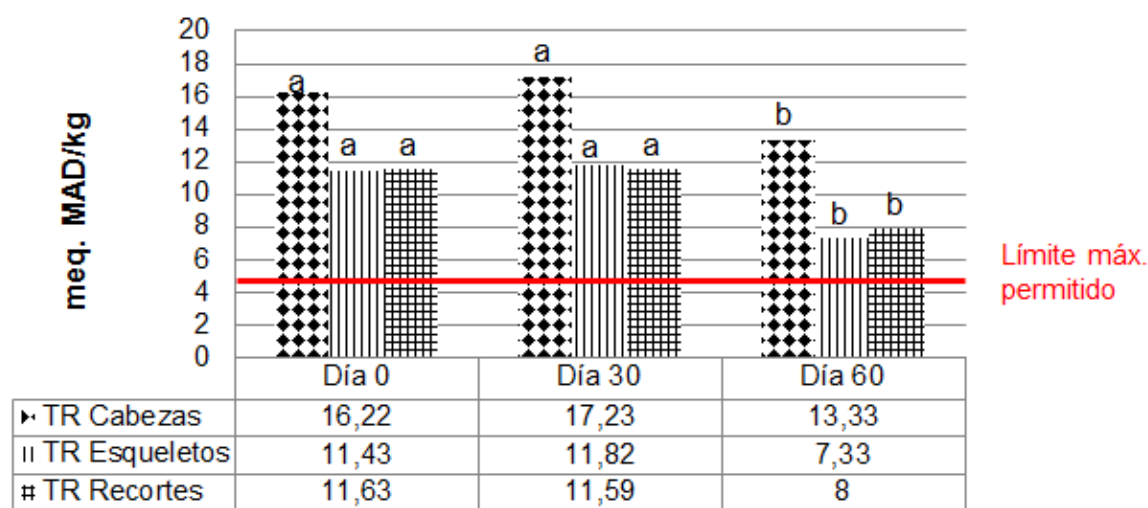


FIGURA 3-9: Contenido de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. Valores con letras diferentes dentro del mismo producto representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

El contenido de TBA mostró un aumento no significativo entre el día 0 y 30 para las harinas de esqueleto y recortes de trucha arcoíris y cabezas y esqueleto de tilapia nilótica. Las harinas de esqueleto de trucha y recortes de tilapia mostraron una reducción no significativa para este mismo periodo de tiempo. Durante el día 30 y 60 de almacenamiento todas las harinas disminuyeron la concentración de TBA, siendo significativa en las harinas de cabeza y recortes de trucha y todas las harinas de tilapia nilótica.

Para la variable TBA, se reporta que 5 mg de MAD/kg es el nivel máximo permitido de TBA que indica buena calidad para peces congelados, refrigerados o almacenados en hielo, aclarando que se acepta valores de hasta 8 mg de MAD/kg para consumo de algunos peces (Sechormüller et ál. 1969, reportados por Suárez et ál. 2008). De manera similar, Suárez et ál. (2008) encontraron valores iniciales de TBA de 0,93 mg de MAD/kg para filetes de híbrido de cachama, destacando que estos valores incrementaron hasta el día 10 de almacenamiento, iniciando una disminución de su concentración al día 15. Ribeiro et ál. (2010) reportaron para músculo deshidratado de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) valores de TBA entre 0,04 y 2,33 meq. MAD/kg.

Dentro de los valores de TBA reportados en el presente estudio, se observa el mismo comportamiento que reporta Suárez et ál. (2008), donde al día 30 hay un incremento en su concentración y disminuye al día 60. Los valores encontrados en el presente estudio para TBA son superiores a los reportados en la literatura para un producto de calidad, lo cual podría relacionarse con el alto contenido de extracto etéreo en las harinas, siendo un indicativo de su inestabilidad durante el almacenamiento. Finalmente se destaca que los elevados contenidos de TBA presentan el mismo comportamiento de los reportados de peróxidos en las mismas harinas.

A modo de reflexión se resalta que la normatividad Colombiana no reporta valores máximos permitidos para algunas variables como acidez y TBA, las cuales permiten evaluar la calidad y vida útil de producto como las harinas de coproductos de la industria acuícola.

Evaluación microbiológica de las harinas.

En ninguna muestra de harinas de coproducto, ni tiempo de almacenamiento evaluado se encontró presencia de *Escherichia coli* o *Salmonella sp.*, lo cual se ajusta a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 646. De manera similar, Petenuci et ál. (2010) reportaron como “ausentes” estas variables en harinas de coproductos de tilapia nilótica.

El NMP de coliformes totales/g en las harinas estudiadas a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, se presentan en la Figura 3-10.

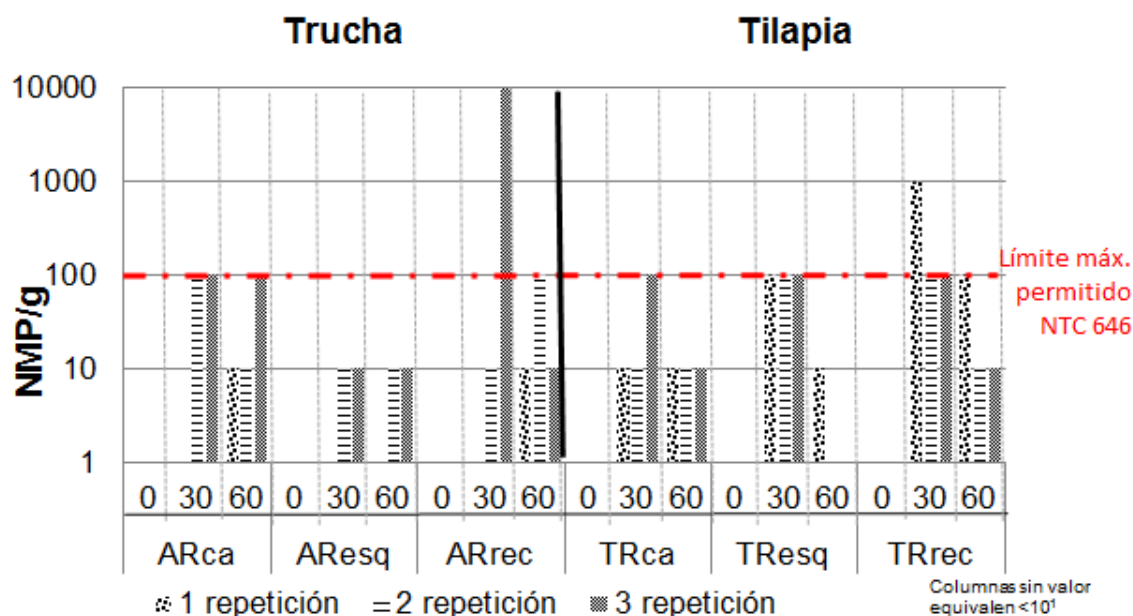


FIGURA 3-10: NMP/g de coliformes totales en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 646 el máximo permitido para recuento de coliformes es de $<10 \times 10^2$, UFC/g. De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia que la mayoría de harinas analizadas cumplieron los requerimientos establecidos por la normatividad consultada para harinas de pescado excepto dos repeticiones del día 30 (ARrec 3a repetición y TRrec 1a repetición), las cuales superaron los máximos permitidos. Lo anterior, podría estar explicado por contaminación de las muestras durante el almacenamiento o análisis, ya que al día 60 de almacenamiento, se encontraron valores establecidos como aceptables.

El NMP/g de coliformes fecales en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, se presentan en la Figura 3-11.

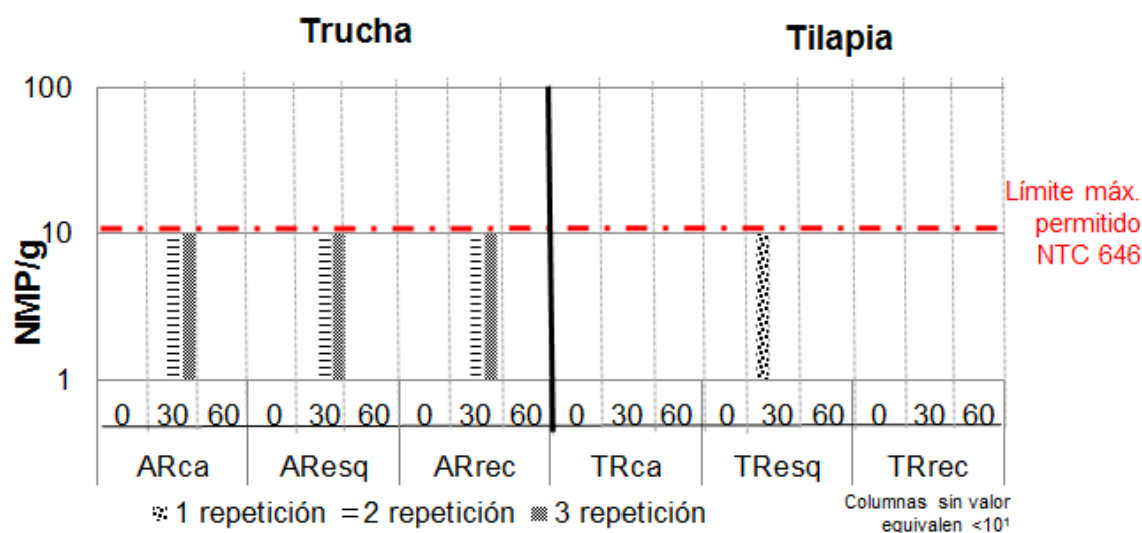


FIGURA 3-11: NMP/g de coliformes fecales en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.

Para la variable de coliformes fecales, la mayoría de las muestras analizadas mostraron valores de NMP/g de coliformes fecales de $<10^1$; siete muestras del total de las evaluadas (54) superaron este rango al día 30 de almacenamiento. Godoy et ál. (2013) encontraron en harinas aromatizadas de carcasas de tilapia nilótica valores de <11 NMP/g de coliformes fecales. Se resalta que en la normatividad nacional no existe un referente establecido para valores de coliformes fecales en harinas de pescado, ni productos de la pesca.

El recuento de mesófilos aerobios (UFC/g) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, se presenta en la Figura 3-12.

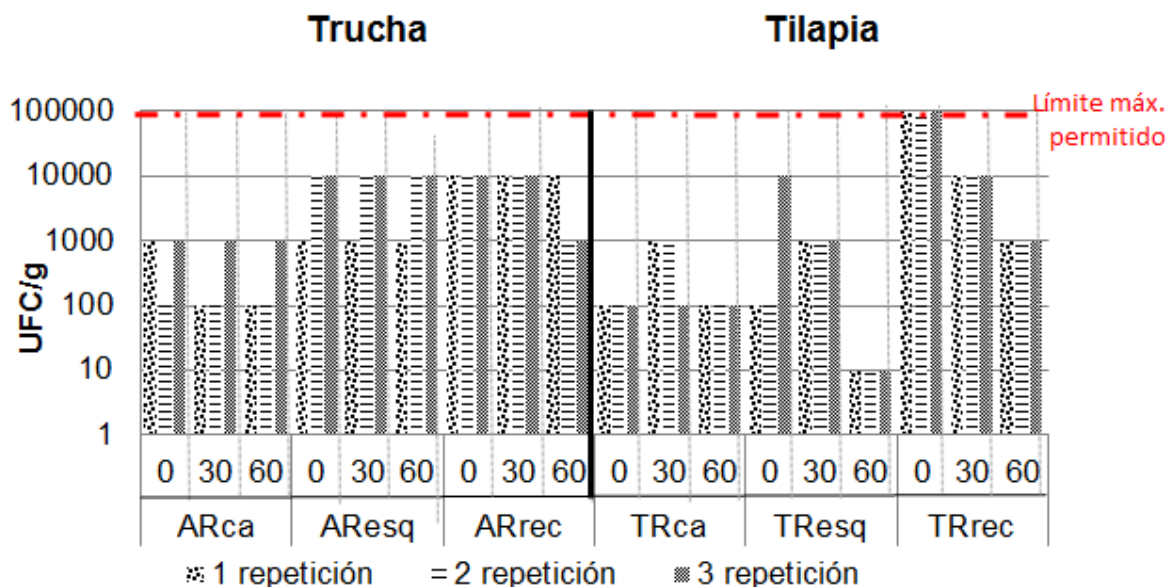


FIGURA 3-12: UFC/g de mesófilos aerobios en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.

En el presente estudio se encontraron recuentos para mesófilos aerobios entre 10^2 y 10^4 UFC/g. Kotzamanis et ál. (2001) encontraron para harinas de subproductos de trucha (cabeza, esqueletos y recortes), recuentos de 10^4 UFC/g de mesófilos aerobios; los autores destacan que este es un valor medido aceptable para los límites microbiológicos, incluso en los alimentos para consumo humano. Petenuci et ál. (2010) encontraron valores de bacterias mesófilas de 3×10^4 UFC/g, destacando que se encontraron dentro de límites aceptables, por ser valores inferiores a 10^6 UFC/g.

El recuento de mohos y levaduras (UFC/g) en harina de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris en sistemas de cultivo de jaulas flotantes a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento, se muestran en la Figura 3-13.

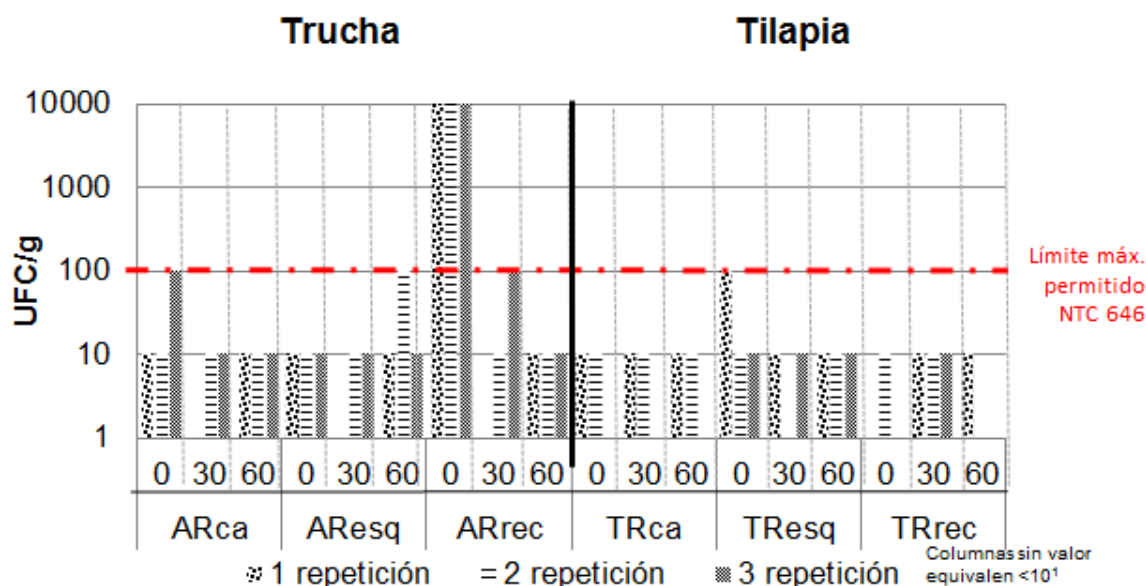


FIGURA 3-13: Recuento de mohos y levaduras en coproductos de la industria acuícola, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento. ARca: harina de cabezas de trucha arcoíris; ARes: harina de esqueleto de trucha arcoíris; ARre: harina de recortes de trucha arcoíris; TR1: harina de cabezas de tilapia nilótica; TR2: harina de esqueleto de tilapia nilótica; TR3: harina de recortes de tilapia nilótica.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 646 el máximo permitido para recuento de mohos y levaduras es de 20×10^2 UFC/g. En la presente investigación la mayoría de las muestras evidenciaron recuentos de mohos y levaduras entre 10^1 y 10^2 , destacando que las tres repeticiones de la ARrec al tiempo 0 mostraron valores de 10^4 , lo cual sugiere posible contaminación de la muestra, ya que muestras de la misma harina al día 30 y 60 presentaron recuentos dentro del rango aceptables.

3.6. Conclusiones

Los rendimientos encontrados (entre 12 y 35%) durante la elaboración de harinas de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris y su composición nutricional, evidencian que estas harinas son un recurso alimenticio de alta disponibilidad y bajo costo para el posible enriquecimiento nutricional de alimentos para consumo humano.

De manera general, se encontró que las harinas obtenidas de coproductos de la industria acuícola presentaron un alto contenido de PB, EE, Cz, Ca, P, Fe y ácidos grasos

esenciales como EPA y el DHA, especialmente e trucha arcoíris, además de bajas o nula concentración de metales pesados.

Las harinas analizadas durante el día 0, 30 y 60 de almacenamiento cumplieron a satisfacción con los análisis microbiológicos realizados, mostrándose como productos inocuos para consumo humano. Se evidenciaron elevadas concentraciones de BNVT, peróxidos y TBA, lo cual indica posible deterioro del producto; lo anterior puede estar relacionado con el alto contenido de lípidos de las harinas y las temperaturas a las cuales fueron sometidas las muestras durante el proceso de secado. De acuerdo con lo anterior, se sugiere realizar nuevos ensayos en los cuales se revisen las temperaturas y tiempos utilizados durante el secado y las condiciones de manejo de las muestras desde el proceso de obtención de los coproductos hasta el almacenamiento de las harinas.

3.7. Referencias

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, oportunidades y desafíos 2014. (SOFIA). Departamento de pesca y acuicultura. Rome: FAO. 274p.
- [INVIMA] Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. 1998. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá, Colombia: INVIMA 25 P.
- [AOAC] Association Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Washington: AOAC
- Bellaver C y Zanotto D L. Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos proteicos de origem animal. [Internet]. 21 p. [Citado 2014 mayo 13]. Disponible en: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_k9r8d4m.pdf.
- Bhujel, R.C (2009). Statistics for aquaculture. Aquaculture and Aquatic Resources Management (AARM). Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. Published in cooperation with the United States Aquaculture Society. Wiley-Blackwell. 222p.
- Bonilla SP, de la Pava ML. 2013. Desarrollo de Estrategias para el incremento del consumo de pescados y mariscos provenientes de la acuicultura de Colombia, como alternativa viable de comercialización en el mercado doméstico. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP – FAO. 129p.
- Boscolo WR, Hayashi C, Meurer F, Feiden A, Bombardelli RA. 2004. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. R Bras Zootec. 33 (1): 8-13.

- Codex Alimentarius. 2011. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius. Informe de la 43ª reunión del comité del Codex sobre aditivos alimentarios. [Internet]. [Citado 2014 febrero 02]. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/codex/Reports/Reports_2011/REP11_FAs.pdf
- Codex Alimentarius. CODEX STAN 193-1995. Norma general del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. [Internet]. [Citado 2014 junio 2013]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- Codex Alimentarius. Normas Internacionales de los alimentos. Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros. [Internet]. 141 p. [Citado 2014 junio 2013]. Disponible en: CAC/RCP 52-2003. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CXP_052s.pdf
- Cruz NEC, Cruz PEC, Suárez HM. 2012. Characterization of the Nutritional Quality of the Meat in Some Species of Catfish: A Review. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. 65(2):6799-6709.
- Cruz SLE, Marie DR, Nieto ML y Tapía MS. s/a. Revisión Sobre Calidad de Harinas y Aceites de Pescado para la Nutrición de Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León. [Internet] [Citado 2014 Agosto]. Disponible en: http://www.uanl.mx/utierias/nutricion_acuicola/IV/archivos/20cru2.pdf
- Diario Oficial de la Unión Europea. REGLAMENTO (CE) No 1881/2006. Reglamento por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. [Internet]. [Citado 2014 agosto 13]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:ES:PDF>
- Folch J, Lees M, Sloane G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-507.
- Galan GL, Franco MLRS. 2010. Farinha de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos: desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência óssea. [Tesis de maestría]. [Estado do Paraná, Brasil] Universidade Estadual de Maringá.
- Godoy LC, Franco MLRS, Souza NE, Stevanato FB, Visentainer JV. 2013. Development, preservation, and chemical and fatty acid profiles of Nile tilapia carcass meal for human feeding. J Food Process Pres. 37:93–99.
- International Standard. ISO/IEC 17025. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. [Internet]. [Citado 2013 noviembre 14]. Disponible en: http://www.saba.org.ir/saba_content/media/image/2011/04/1821_orig.pdf.
- Kitahara SE, Okada IA, Sakuma AM, Zenebon O, Jesus RS y Tenuta-Filho A. 2000. Mercúrio total em pescado de água-doce. Ciênc. Tecnol. Aliment, 20(2):267-273.
- Kotzamanis YP, Alexis MN, Andriopoulou A, Castritsi-Cathariou I, Fotis G. 2001. Utilization of waste material resulting from trout processing in gilthead bream (*Sparus aurata* L.) diets. Aquaculture Research. 32(Suppl. 1):288-295.

- Malone C, Shaw NB, Kerry JP. 2004: Effect of Season on Vitamin E, Fatty Acid Profile, and Nutritional Value of Fish By-Products from Cod, Saithe, Ling and Haddock Species Caught in Southern Irish Coastal Waters, *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 13(3):127-149.
- Marques MSR, Brito LR, Laurindo JC, Brito WJ, Patez C. 2004. Aproveitamento integral do pescado com ênfase na higiene, manuseio, cortes, salga e defumação. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro.
- Martínez, R., Martínez, N. y Martínez, M.V. 2011 Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Tomo 1. Primera edición Fondo Nacional Universitario. Bogotá D.C, 399 p.
- Merino MC, Bonilla SP, Bages F. 2013. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia (AUNAP-FAO). Bogotá, Colombia. 129 p.
- Ministerio de Salud. Resolución número 4124 de 1991 antioxidantes. Por lo cual se reglamenta el Título V Alimentos, de la Ley 09 de 1979, en cuanto concierne a los Antioxidantes que se pueden utilizar en alimentos. Bogotá. Colombia. 3 p.
- Muñoz AP, Coronado JA, Wills GA. 2013. Caracterización nutricional y sensorial de filetes de Pirarucú (*Arapaima gigas*) en Colombia. *Tilapia & Camarones*. 18:16-29
- Moreno JM. 2013. Modificación del perfil de ácidos grasos del filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* por medio de la utilización de materias primas convencionales y no convencionales. [Tesis de maestría]. [Bogotá, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Norma Técnica Colombiana NTC 1322. Productos de la pesca. Métodos de análisis físicos y químicos. [Internet]. [Citado 2013 agosto 9]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1322.pdf>
- Norma Técnica Colombiana NTC 1443. Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados. [Internet]. [Citado 2014 enero 14]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1443.pdf>
- Norma Técnica Colombiana NTC 218. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y de la acidez. [Internet]. [Citado 2014 enero 14]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/index.php/ntc-218-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-acidez-y-de-la-acidez-8461.html>
- Norma Técnica Colombiana NTC 236. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxido. [Internet]. [Citado 2014 enero 14]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/index.php/agricultura-alimentos-impreso/ntc-236-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-peroxido.html>
- Norma Técnica Colombiana NTC 5443. Productos de la pesca y la acuicultura. Buenas prácticas de procesos y comercialización de las especies acuícolas cachama, tilapia y trucha. Especificaciones. [Internet]. [Citado 2014 julio 2014]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC5443.pdf>

- Norma Técnica Colombiana NTC 646. Alimentos para animales. Harinas de pescado. [Internet]. [Citado 2014 mayo 14]. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC646.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 472 Primera revisión. Republic of Ecuador. Harina de pescado para consumo animal requisitos. Quito-Ecuador. 8 p.
- Oliveira LPM. 2011. Técnico em Pesca e Aquicultura. Beneficiamento do pescado. 99 p. [Internet] [citado 2014 marzo]. Disponible en: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_rec_naturais/aquicultura/181012_ben_do_pesc.pdf
- Pacheco J, Núñez CAL y Espinoza EA. (2010) Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados con y sin vacío. Revista Científica UDO Agrícola 10(1): 123-132.
- Petenuci ME, Stevanato FB, Rodrigues D, Pereira L, Evelázio N, Visentainer JV. 2010. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. Ciênc agrotec Lavras. 34:1279-1284.
- PROY-NMX-F-589-SCFI-2008 Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales determinación del valor de TBA-método de prueba. [Internet]. [Citado 2013 julio 15]. Disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2008/proy-nmx-f-589-scfi-2008.pdf>
- Republica de Ecuador. NTE INEN 0472 (1988) (Spanish): Harina de pescado para consumo animal. Requisitos. Quito-Ecuador. [Internet]. [Citado 2014 mayo 13]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0472.1988.pdf>
- Ribeiro SCA, Park KJ, Hubinger MD, Ribeiro CFA, Araraujo EAF, Tobinaga S. 2010. Análise sensorial de músculo de mapará com e sem tratamento osmótico. Ciênc. Tecnol. Aliment. 30(Supl.1):24-32.
- Rocha DN, Novaes LS, Paiva G, Carvalho LG. 2012. Sensory, morphometric and proximate analyses of Nile tilapia reared in ponds and net-cages. R. Bras. Zootec. 41(7):1795-1799.
- Rodríguez D., M. Barrero y M. Kodaira. 2009. Evaluación física y química de filetes de bagre (*Pseudoplatystoma sp.*) salados en salmuera empacados al vacío y almacenados en refrigeración. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 59(2): 206-213.
- SAS Institute Inc. 2002.SAS/ETS ® 9 User's Guide, Volumes 1 and 2.SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Suárez HM, Pardo SCC, Cortés MR. 2008. Calidad físico-química y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración. Rev Colomb Cienc Pecu. 21:330-339.

- Tajiri AN, Pontes ND, Sassahara M, Rodrigues MSM y Arruda CAC. 2011. Determination of presence and quantification of cadmium, lead and copper in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets obtained from three cold storage plants in the state of Parana, Brazil. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas,. 31(2):361-365
- Toppe J, Albrektsen S, Hope B, Aksnes A. 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. *Comp Biochem Phys B*. 146:395–401.
- Usydus Z, Szlinder-Richert J, Adamczyk M, Szatkowska U. 2011. Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chem*. 126:78–84.
- Vignesh R, Srinivasan M. 2012. Nutritional quality of processed head and bone flours of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters 1852) from Parangipettai estuary, South East Coast of India. *Asian Pac J Trop Biomed*. S368-S372.

4. Discusión, Conclusiones y recomendaciones

4.1. Discusión y Conclusiones

Los coproductos de tilapia nilótica y trucha arcoíris (cabeza, esqueleto, CMS y recortes), mostraron ser un recurso con alto potencial alimenticio, por su aporte proteico, energético y como fuentes de cenizas, Ca y P.

De modo general, los coproductos de trucha arcoíris presentaron un mejor perfil de AGPI (relación $n6/n3$) que los de tilapia nilótica. Por otro lado, los coproductos de tilapia presentaron mayores contenidos de Ca y P que en trucha arcoíris. Se resalta que, dependiendo del sistema de cultivo empleado (jaulas flotantes o estanques de tierra o cemento), la composición de un mismo coproducto varió ampliamente en cada especie.

Se encontró que 14 de los 15 coproductos estudiados cumplieron con los requerimientos microbiológicos establecidos por la normatividad nacional para consumo humano y/o animal.

Durante el proceso de secado se observaron marcadas diferencias en el comportamiento de los coproductos evaluados como diversos tiempos de secado para la obtención de la harina o mayor obtención de fase líquida durante el prensado. Adicionalmente, se observaron diferencias en el rendimiento de un mismo coproducto durante diferentes pruebas de secado, lo cual podría haber sido ocasionado por variaciones individuales del recurso humano involucrado en el proceso.

Los rendimientos encontrados durante la elaboración de harinas de coproductos variaron de 12 a 35%, en función de la composición individual de cada coproducto, siendo menor el rendimiento para recortes y CMS y mayor para cabezas y esqueletos.

Las harinas de las especies estudiadas presentaron un alto contenido de PB, EE, Cz, Ca, P, Fe y ácidos grasos. Sin embargo, las harinas trucha arcoíris presentaron valores mayores de EPA y DHA respecto a tilapia nilótica con menores relaciones n6/n3.

Los valores para metales pesados fueron nulos (no detectados) o inferiores a los permitidos por la normatividad Nacional para consumo humano.

Los parámetros microbiológicos estudiados mostraron que las harinas analizadas durante el día 0, 30 y 60 de almacenamiento cumplieron los parámetros de inocuidad para consumo humano. Sin embargo, se evidenciaron elevadas concentraciones (mayores para harinas de tilapia nilótica) de BNVT, peróxidos y TBA, lo cual indica posible deterioro del producto.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda el uso de equipos especializados y de mayor capacidad durante el proceso de mezclado y prensado para mejorar los rendimientos obtenidos durante el proceso de obtención de las harinas, minimizando a su vez la manipulación de la materia prima y el tiempo de proceso.

Con el fin de mantener la calidad del producto, se recomienda realizar nuevos ensayos del proceso de secado, en los cuales se revisen las temperaturas, tiempos utilizados y las condiciones de manejo de las muestras desde el proceso de obtención de los coproductos hasta el almacenamiento de las harinas.

Se recomienda realizar estudios adicionales para la caracterización de la fase líquida obtenida durante el proceso de prensado de los coproducto, buscando la extracción de AGPI, particularmente EPA y DHA, de modo que se maximice el valor comercial de estos coproductos.

En el proceso de elaboración de las harinas se recomienda la extracción del contenido lipídico, lo cual podría ser logrado con una etapa previa de cocción, buscando mejorar la estabilidad y calidad del producto final durante el almacenamiento.

A. Anexo A.: Normas para autores de la Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Instrucciones para los autores de la Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. ISSN 0120-2952

Formato

El texto del artículo debe enviarse en MS-Word®, sin incluir tablas ni figuras, las cuales deben presentarse en archivos separados. Se recomienda que el texto no tenga más de 25 páginas en tamaño carta, numeradas consecutivamente en el lado inferior derecho, con márgenes de 2,5 cm por cada lado, a doble espacio, con fuente Times New Roman, tamaño de 12 puntos, y cada línea del documento deberá estar enumerada consecutivamente (en MS-Word®: Diseño de página/Números de línea/Continua).

Las tablas y las figuras (fotografías, gráficos, dibujos, esquemas, diagramas de flujo, diagramas de frecuencia, etc.) deberán enumerarse consecutivamente en números arábigos, y además de enviarse insertadas en un archivo MS-Word® deberán incluirse los archivos originales (por ejemplo jpg o MS-Excel®), de acuerdo con el programa con el que hayan sido elaboradas. Todas las tablas y figuras deben haber sido citadas en el texto.

Título y autores

El título del artículo se debe presentar en español (o portugués) e inglés, en negrilla y centrado. Si incluye nombres científicos se deberá usar la nomenclatura indicada anteriormente (sistema binomial). Bajo el título se escriben los nombres y apellidos de los autores de la siguiente manera: iniciales de los nombres (con punto), seguidos del primer apellido completo, sin títulos académicos ni cargos laborales y separando cada autor con una coma. El autor para correspondencia debe identificarse con un asterisco. Como pie de página debe indicarse la filiación institucional de cada autor incluyendo la dirección, ciudad y país, y la dirección de correo electrónico del autor para correspondencia.

Resumen y palabras clave

Los artículos deben incluir un resumen en español (o portugués) y uno en inglés, de no más de 250 palabras. El resumen debe registrar brevemente todas las partes del documento: los propósitos del estudio o investigación, materiales y métodos (selección de los sujetos del estudio o animales de laboratorio; métodos de observación y de análisis), resultados y discusión (consignando información específica o datos y su significancia

estadística siempre que sea posible), y las conclusiones principales. Deberán destacarse las observaciones y aspectos más novedosos y relevantes del estudio.

Las palabras clave (máximo cuatro) son términos para indexación del artículo en las bases de datos y los buscadores de Internet. Estas deben identificar el contenido del artículo y se deben colocar después del resumen en su correspondiente idioma. Para seleccionar las palabras clave del documento, se sugiere consultar y usar los descriptores del tesauro agrícola multilingüe Agrovoc, creado por la FAO, el cual abarca terminología de la agricultura, silvicultura, pesca, medioambiente y temas afines (<http://aims.fao.org/website/Search/sub>) o los Descriptores en Ciencias de la Salud (<http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>) y <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=mesh>). Estas herramientas permiten seleccionar las palabras clave adecuadas para que el artículo sea difundido de forma más efectiva en Internet.

Introducción

Debe presentar una breve revisión de los trabajos previos relacionados con el tema por investigar y finalizar con la justificación y los objetivos de la investigación. La introducción no incluirá datos o conclusiones del trabajo que se está publicando.

Materiales y métodos

En esta sección se deben describir de forma clara, concisa y secuencial, los materiales (animales, implementos de laboratorio) utilizados en desarrollo del trabajo, además de los procedimientos o protocolos seguidos y el diseño experimental escogido para el tratamiento estadístico de los datos. La información aquí consignada debe permitir a otros investigadores reproducir el experimento en detalle. Este apartado puede tener subtítulos y no debe incluir ningún resultado ni discusión de los hallazgos.

Resultados

En esta sección se deben describir los resultados en orden lógico y de manera objetiva y secuencial, apoyándose en las tablas y figuras. Este apartado puede también incluir subtítulos y no debe discutir los datos presentados.

Discusión

La discusión debe ser una síntesis de la confrontación de los datos obtenidos en el estudio con respecto a la literatura científica relevante que además interprete las similitudes o los contrastes encontrados. Se enfocará hacia la interpretación de los hallazgos experimentales y no repetirá los datos presentados en la introducción ni la información suministrada en los resultados. Las secciones correspondientes a resultados y discusión pueden combinarse en una sola.

Conclusiones

En esta sección se relacionan los hallazgos más relevantes de la investigación, es decir, aquellos que constituyan un aporte significativo para el avance del campo temático explorado, además de considerar un direccionamiento sobre futuras investigaciones.

Agradecimientos

Si se considera necesario, se agradecen contribuciones importantes en cuanto a la concepción, financiación o realización de la investigación: financiadores, especialistas, firmas comerciales, entidades oficiales o privadas, asociaciones de profesionales y operarios de campo y laboratorio.

Tablas

Se deben evitar las tablas demasiado grandes. Si se tienen muchos datos en una tabla, se recomienda dividirla en dos o más.

Cada tabla debe tener un título corto y explicativo en la parte superior, sin abreviaturas.

No deben emplearse líneas verticales para separar las columnas y, por tanto, debe existir suficiente espacio entre ellas.

Cualquier explicación esencial para entender la tabla debe presentarse como una nota en la parte inferior de esta.

Los encabezados de columna deben ser breves pero suficientemente explicativos.

Cada tabla debe haber sido referenciada en el texto.

Figuras

Las gráficas deben ser a una sola tinta con porcentajes de negro para las variaciones de las columnas, las líneas de las curvas deben ser de color negro, punteadas o continuas usando las siguientes convenciones: ▲, ■, ●, ◆, ◇, ○, □, △.

En caso de fotografías o mapas (originales o escaneados) estos deben enviarse en archivos independientes, en formato tiff o jpg con un mínimo de 600 dpi de resolución y adicionalmente dentro de un archivo MS-Word® en el que se incluya su título (corto y explicativo) en la parte inferior.

Al igual que las tablas, deben enumerarse con números arábigos en forma consecutiva, y debe hacerse referencia en el texto a cada una de las figuras presentadas.

Nomenclatura

Las unidades deben expresarse de acuerdo con el Sistema Métrico Decimal (SI).

Los autores aceptarán la normatividad colombiana, así como la trazada por el International Code of Botanical Nomenclature, el International Code of Nomenclature of Bacteria, y el International Code of Zoological Nomenclature.

Toda la biota (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, peces, etc.) debe estar identificada en nomenclatura binomial (nombre científico), a excepción de los animales domésticos comunes.

Todos los medicamentos, biocidas y demás sustancias de uso comercial deben presentar el nombre de su principio activo principal o nombre genérico.

Para la nomenclatura química se usarán las convenciones determinadas por la International Union of Pure and Applied Chemistry así como por la Commission on Biochemical Nomenclature.

Referencias

La citación de referencias bibliográficas que sustentan frases dentro del texto se debe ceñir a las normas de estilo del Council of Science Editors (CSE) algunas de las cuales se muestran a continuación: dentro del texto se hará uso del sistema “autor(es) año” si se trata de uno o dos autores: (Jiménez 2009), (Pineda y Rodríguez 2010); si la publicación citada tiene tres o más autores, se cita el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina et ál. sin cursivas: (Bernard et ál. 2003). Si se citan varias referencias seguidas, deberán organizarse en orden alfabético, separadas por punto y coma (;): (Hänsel y Gretel 1990; Hergé et ál. 1983). Si el autor o autores se citan directamente en el texto se utiliza la misma notación pero con el año entre paréntesis: Wagner (1982) encontró que el agua es vida, mientras que Vivaldi y Pergolesi (1988) afirman lo contrario; los investigadores Magendie et ál. (1845) descubrieron que los perros tienen cuatro patas. Las referencias bibliográficas completas van al final del artículo en orden alfabético de autores; si en la lista de referencias se citan varias publicaciones del mismo autor o autores se listan en orden cronológico desde la más antigua hasta la más reciente.

Las contribuciones que no cumplan con las normas de estilo bibliográfico serán devueltas sin ser consideradas para evaluación.

Para obtener más ejemplos sobre el sistema de citación del Council of Science Editors (CSE) recomendamos remitirse a los siguientes enlaces: http://www.library.ualberta.ca/uploads/augustana/cse_qg_march_23_2010.pdf;

<http://www.mcgill.ca/files/library/CSE-name-year-citation-style-guide.pdf>.

Libros

Gilman AG, Rall TW, Nies AS, Taylor P. 1990. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.

Capítulos de libro

Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. In: Leeson S, Summers JD editores. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.

E-Book

Rollin, BE. 1998. *The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science* [Internet]. Ames(IA): Iowa State University Press. [Citado 2008 agosto 9]. Disponible en: <http://www.netlibrary.com>.

Artículo de revista

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathol*. 39:405-409.

Nota: se deben anotar las iniciales de todos nombres que tengan los autores. Los nombres de las revistas se deben registrar en su forma abreviada; para consultar el nombre abreviado de las revistas sugerimos consultar el ISI Journal Title Abbreviations.

Artículo de revista publicada en Internet

Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA supercoiling to transcription in defined protein systems. *J Biol Chem* [Internet]. [citado 2007 July 24]; 279(46):47564-47571. Disponible en: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/279/46/47564>

Otras fuentes de información

Memorias de eventos

Cheeke PR. 2010. Agricultural and pharmaceutical applications of Chilean soapbark tree (*Quillaja saponaria*) saponins. In: 8th International Symposium on Poisonous Plants; 2009 mayo 4-8, João Pessoa, Paraíba, Brazil, p. 38.

Tesis

Murcia HW. 2010. Identificación funcional de citocromos involucrados en la biotransformación in vitro de aflatoxina B1 por medio de sustratos modelo e inhibidores específicos en cuatro especies de aves. [Tesis de maestría]. [Bogotá, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.

Normas de estilo

Se debe redactar en voz activa (se evaluaron dos metodologías, y no: dos metodologías fueron evaluadas) y en forma impersonal, es decir, tercera persona del singular (se encontró, y no: encontré o encontramos).

En cuanto a los tiempos verbales, el uso común es el pasado para la introducción, procedimientos y resultados, y el presente para la discusión.

En general, se recomienda evitar el uso del gerundio. Recurra a esta forma verbal sólo para indicar dos acciones simultáneas; en los demás casos, redacte diferente la frase (reemplazar: un protocolo fue establecido, minimizando el efecto negativo..., por: se estableció un protocolo con el cual se minimizó el efecto negativo...).

Las letras cursivas o itálicas se usan para los nombres científicos (sistema binomial) y palabras o expresiones en idioma extranjero.

El significado de las siglas y abreviaturas debe explicarse cuando se mencionan por primera vez en el texto. Posteriormente, se debe usar solamente la sigla o abreviatura.

Las siglas no tienen forma plural; este se indica en las palabras que la acompañan: las ONG, dos ELISA.

Las abreviaturas del SI no deben ir con punto, en plural o en mayúscula: 1 kg, 25 g, 10 cm, 30 m, etc. Las abreviaturas más usadas en esta revista son las siguientes:

- km kilómetro
- m metro
- cm centímetro
- mm milímetro
- μm micrómetro
- nm nanómetro
- kg kilograno
- g gramo
- mg miligramo
- μg microgramo
- ng nanogramo
- l litro
- ml mililitro
- μl microlitro
- m mol
- M molar
- mM milimolar
- μM micromolar
- N normal
- ppm partes por millón (1×10^{-6})
- ppb partes por billón (1×10^{-9})
- cpm cuentas por minuto
- dpm desintegraciones por minuto
- s segundos
- min minutos
- h hora
- sc subcutáneo
- im intramuscular
- ip intraperitoneal
- iv intravenoso
- po oral

Entre el valor numérico y el símbolo debe ir un espacio: 35 g (no 35g), $p > 12$ (no $p > 12$); excepto para los signos: °C, %, +, - (estos dos últimos cuando indican positivo y negativo). Ejemplos: 99%, +45, -37.

En una serie de medidas, el símbolo va al final: hileras a 3, 6 y 9 m, o 14, 16 y 18%).

La barra oblicua (/) es un signo lingüístico que en alguno de sus usos significa “por”: tres perros/perrera, 4 tabletas/día, 2 l/matera, 10 frutos/rama. Uno de sus usos no lingüísticos

es expresar los cocientes de magnitudes y unidades de medida: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.

Uno de los usos no lingüísticos del punto (·) es indicar la multiplicación de dos cantidades, caso en que se coloca separado de éstas y a media altura: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.

El punto (.) se usa para separar los miles y la coma (,) se usa para separar decimales.

Las unidades que se basan en nombres se usan en minúsculas: un siemens (con algunas excepciones como cuando el símbolo se deriva de un nombre propio: °C, grados Celsius).